



annales
de
zoologie
écologie animale

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AR 11 (4) 519-683 (1979)

AZEA11.4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS, Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J. POLY

Annales agronomiques.

- L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
- P. CHARTIER, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A., 78000 Versailles.
- J. MAMY, Chef du Département de Science du Sol, C. N. R. A., 78000 Versailles.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, I. N. R. A., 11, rue Jean-Nicot, 75007 Paris.

Annales de Phytopathologie.

- A. COLÉNO, Chef du Département de Pathologie végétale, I. N. A., Paris Cedex 75231

Annales de Zootechnie.

- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z., 78350 Jouy-en-Josas.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des céréales et de leurs dérivés C. E. R. D. I. A., le Noyer Lambert, 91300 Massy.
- B. L. DUMONT, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la Viande, C. N. R. Z., 78350 Jouy-en-Josas.
- A. BOURDET, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la qualité des Blés, I. N. R. A., 16, rue Nicolas-Fortin, 75013 Paris.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F., 54280 Seichamps.
- J. PARDE, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F., 54280 Seichamps.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z., 78350 Jouy-en-Josas.
- F. GROSCLAUDE, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z., 78350 Jouy-en-Josas.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

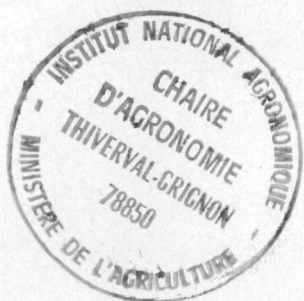
- J. ASSO, Station de Virologie, Immunologie, Route de Thiverval, 78850 Thiverval-Grignon.

Reproduction, Nutrition, Développement. Administration et secrétariat de la Rédaction à l'adresse suivante: C. N. R. Z. 78350 Jouy-en-Josas.

- Ch. THIBAUT.
- L. GUÉGUEN.
- G. PÉTRISSANT.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES. Tél. (3) 950-75-22



annales de zoologie écologie animale

Trimestriel

1979

Vol. 11 . N° 4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

Fascicule à la mémoire de E. Biliotti, Inspecteur Général de la Recherche Agronomique

Introduction

1. Méthodes d'étude des phéromones

- C. DESCOINS, Martine GALLOIS. Analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de Lépidoptères.
- E. PRIESNER. Progress in the analysis of pheromone receptor systems.

2. Le piégeage sexuel pour la prévision des risques de dégâts

- J. TOUZEAU. Utilisation du piégeage sexuel pour les avertissements agricoles et la prévision des risques.
- H. AUDEMARD. Le piégeage du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 D Dol dans la lutte raisonnée en verger de pommiers en France.
- P. J. CHARMILLOT. Efficacité du piège à Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) appâté d'attractif sexuel synthétique.
- R. CAUSSE, M. FERON. Etude expérimentale au moyen d'une phéromone de synthèse du piégeage et de la dispersion de mâles marqués de *Laspeyresia pomonella* L. (Lep. Tortricidae).
- R. RAHN. La Teigne du poireau, *Acrolepiopsis assectella* Z. : possibilité de généralisation des avertissements agricoles par piégeage sexuel à l'aide de produits de synthèse.

3. Utilisation des phéromones en faunistique écologique

- Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU, P. SAGLIO, Françoise BEAUVAIS. Essais de piégeage sexuel des Lépidoptères Tortricidae des vergers de pommiers par des attractifs de synthèse.
- J. P. CHAMBON. Etude de la répartition géographique de la tordeuse des céréales (*Cnephasia pumicana* Zeller, Lep. Tortricidae) en France.

4. Lutte par confusion sexuelle

- H. AUDEMARD, P. J. CHARMILLOT, Françoise BEAUVAIS. Trois ans d'essais de lutte contre le carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par la méthode de confusion des mâles avec une phéromone sexuelle de synthèse.
- R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR, Marie-Anne de VATHAIRE. Essais de « confusion sexuelle » contre les tordeuses de la grappe l'Eudemis *Lobesia botrana* Den et Schiff et la Cochylis *Eupoecilia ambiguella* Tr.
-

Introduction

par B. HURPIN

Ce quatrième fascicule du tome 11 des Annales de Zoologie. Écologie animale est le dernier de cette série des Annales de l'I.N.R.A. Les Directions Générales du C.N.R.S. de l'I.N.R.A. et de l'O.R.S.T.O.M. ont, en effet, décidé d'associer ces Organismes pour entreprendre la publication à partir de 1980 d'un nouveau périodique à vocation internationale consacré à la diffusion des travaux des chercheurs français et étrangers en écologie générale et appliquée. Cette revue éditée par la librairie Gauthier-Villars a pour titre : *Acta oecologica*.

La plupart des chercheurs de l'I.N.R.A. et leurs collègues de l'Université et autres instituts de recherche français éprouvent quelques regrets de voir disparaître leur série d'Annales qui avait pris la suite en 1969 des Annales des Epiphyties créées en 1913. Ces Annales de Zoologie. Écologie animale au cours de ces 11 années ont publié 442 articles se rapportant à tous les aspects de l'entomologie appliquée ainsi qu'aux acariens, nématodes et aussi petits vertébrés nuisibles aux cultures ou aux forêts.

Nous ne doutons pas qu'*Acta oecologica* prendra le relais dans d'excellentes conditions au moins pour les travaux d'écologie et d'écophysiologie, du fait de son ouverture internationale plus affirmée et nous souhaitons à ce périodique le succès attendu par ses fondateurs.

Ce dernier fascicule est consacré à la publication d'articles présentant l'état des recherches effectuées en France et par des collègues européens associés aux programmes du laboratoire des médiateurs chimiques créé en 1973 par l'I.N.R.A. avec l'appui du C.N.R.S. afin d'aborder l'étude des phéromones sexuelles des insectes jusque là négligée en France.

La création de ce laboratoire, qui a en quelques années, grâce à la collaboration de plusieurs stations du département de zoologie et de spécialistes d'Allemagne et de Suisse, obtenu des résultats appréciés à l'échelle internationale fut une des dernières œuvres de E. Biliotti, Inspecteur général de l'I.N.R.A. pour les disciplines phytosanitaires, prématurément disparu le 26 avril 1978.

Ardent et convaincant promoteur de la lutte biologique dès son début de carrière comme assistant de P. Grison à la Station de Zoologie de Versailles puis à la tête de la Station de Zoologie et de Lutte biologique d'Antibes, à laquelle il donna rapidement l'essor et la notoriété reconnus dans le bassin méditerranéen puis dans les 5 continents, notre regretté ami fut, entre autres fonctions, président de la section régionale ouest paléarctique de l'Organisation internationale de lutte biologique (OILB/SROP) de 1968 à 1977 puis président de l'OILB mondiale à partir de 1977.

Attentif à toutes les innovations susceptibles de faciliter et de hâter l'application des principes de la lutte intégrée auxquels il était très attaché et dont il fut des principaux protagonistes dans le monde, E. Biliotti, avec sa remarquable intelligence et son sens des opportunités perçut toutes les perspectives offertes par l'étude des phéromones. Le bilan, partiel, présenté dans ce fascicule témoigne de sa grande perspicacité dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres.

Aussi cet ouvrage est dédié à la mémoire de notre Inspecteur Général qui fut également le rédacteur en chef, responsable scientifique des Annales de Zoologie. Écologie animale.

Analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de lépidoptères

C. DESCOINS et Martine GALLOIS

*Laboratoire des médiateurs chimiques I.N.R.A.,
Magny les Hameaux, 78470 Saint Rémy les Chevreuse*

Résumé

Les glandes productrices de phéromone de femelles vierges de lépidoptères sont prélevées au moment de la période d'appel et déposées dans des microcapsules en aluminium qui sont ensuite scellées grâce à un dispositif approprié.

Ces capsules sont introduites directement dans le chromatographe en phase gazeuse grâce à un injecteur spécial type MS-41 (Perkin-Elmer). Ce dispositif permet l'analyse directe des constituants volatils présents dans la glande, sans manipulations et extractions préalables.

Quelques exemples sont décrits pour illustrer la méthode.

Introduction

Dans les études portant sur les composés volatils biologiquement actifs, tels que les phéromones produites par les glandes exocrines des insectes, on doit presque toujours manipuler des quantités très faibles de matière active.

Si les manipulations sont trop nombreuses entre le moment du prélèvement et l'analyse physico-chimique proprement dite, on risque de perdre presque la totalité du produit actif ou de le dénaturer de façon telle qu'il ne sera plus représentatif du produit initial.

On a donc cherché à développer des méthodes permettant d'analyser directement, sans manipulations préalables, le contenu volatil de ces glandes sur un nombre d'individus le plus faible possible voire sur un seul.

Comme la plupart des phéromones sont des composés de masse moléculaire inférieure à quatre cents, la chromatographie en phase gazeuse (C.P.V.) est une méthode de choix pour leur mise en évidence, leur isolement et quelquefois même leur identification.

Les premiers auteurs qui abordèrent ces recherches sur les lépidoptères, il y a maintenant vingt ans environ, n'avaient pas à leur disposition les chromatographes très performants que nous connaissons aujourd'hui. Ils durent utiliser des extraits

organiques de glandes obtenues à partir d'un nombre considérable d'insectes : cinq cent mille pour identifier la phéromone sexuelle de la femelle du Bombyx du mûrier (Butenandt et coll., 1959) ; soixante quinze mille pour celle du Bombyx disparate (Bierl et coll., 1970).

Les colonnes de chromatographie utilisées pour réaliser ces analyses étaient des colonnes métalliques remplies, utilisant des pourcentages variables de différentes phases stationnaires sur différents supports. Malgré les améliorations apportées ces dernières années, ces colonnes n'ont qu'un pouvoir de résolution limité et les quantités de produits nécessaires à une analyse convenable (compte tenu du type de détecteur) sont toujours assez élevées.

Le remplacement des colonnes métalliques par des colonnes de verre permit de progresser dans l'analyse des produits instables qui se décomposent soit au niveau du tube métallique chauffé de l'injecteur, soit au niveau de la paroi métallique de la colonne elle-même. L'utilisation de plus en plus fréquente de ces colonnes de verre amena alors les constructeurs à imaginer des injecteurs « tout verre » où le produit à analyser n'entre jamais en contact avec une surface métallique (si ce n'est dans l'aiguille de la seringue pendant l'injection !).

L'utilisation de colonnes capillaires de type Golay (métalliques ou en verre) augmenta considérablement les performances analytiques de la chromatographie en phase gazeuse.

Ces colonnes dont la longueur est comprise entre 25 et 100 m pour un diamètre intérieur de 0,25 à 0,5 mm ont souvent un pouvoir de résolution supérieur à cent mille plateaux théoriques et permettent ainsi la séparation d'isomères géométriques ou de position impossibles à distinguer autrement.

Quand on connaît l'importance de ces facteurs dans l'activité des phéromones, on se rend aisément compte des progrès qu'a pu permettre l'utilisation de ce genre de colonnes.

Comme les quantités de produits traversant ces colonnes doivent être très faibles, les premiers injecteurs utilisés furent des injecteurs diviseurs où plus de 99 p. 100 du produit introduit sont renvoyés dans l'atmosphère. Ce mode d'injection est satisfaisant lorsqu'il s'agit d'analyser des produits de synthèse disponibles généralement en quantité suffisante mais il devient très vite inutilisable pour l'analyse d'une sécrétion phéromonale dont on ne dispose que de très faibles quantités au départ.

Les efforts ont donc porté sur le développement d'injecteurs non diviseurs.

Les injecteurs évaporateurs (type injecteur de Ross) permettent de déposer la solution du produit à analyser sur un tube capillaire de verre non chauffé et balayé par le gaz vecteur. Celui-ci entraîne le solvant vers l'extérieur de l'appareil tandis que le produit lui-même reste sur le capillaire. Un système mécanique permet de le diriger ensuite dans la partie chaude de l'injecteur où le produit volatilisé est analysé. Ces dispositifs, très faciles d'emploi, présentent cependant l'inconvénient de faire perdre une partie des produits les plus volatils de l'échantillon à analyser au profit des produits les plus lourds, ce qui peut fausser les études quantitatives.

Les injecteurs « Splitless » (Gröb, 1969, 1972, 1978) sont basés soit sur l'effet de piégeage à froid, soit sur l'effet de solvant.

Dans l'effet de piégeage à froid la totalité de l'échantillon en solution est injectée à chaud, la colonne étant à une température de 50° à 60° en-dessous de la température d'élution des composés à analyser. En opérant ainsi seul le solvant traverse la colonne

tandis que les produits à analyser restent en tête. On chauffe alors rapidement la colonne à la température désirée pour l'analyse chromatographique proprement dite.

Dans l'effet de solvant, on injecte, à une température de 20 à 40° en dessous de celle d'ébullition du solvant, la solution des produits à analyser (le volume injecté devant être compris entre 0,5 et 2 μ l). Grâce à la quantité de solvant injecté, celui-ci condense en tête de colonne les produits à analyser. On procède ensuite comme précédemment.

Les injecteurs « on column » permettent de transférer directement l'échantillon à analyser, à froid, en tête de colonne ce qui évite de passer par l'injecteur et supprime les volumes morts et toute perte d'échantillon.

1. — Matériel et méthodes

A. — Dispositifs permettant l'analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes productrices de phéromones des insectes

Le premier dispositif de ce genre a été développé en 1972 par S. Stållberg-Stenhagen. On place dans l'injecteur du chromatographe un gros tube de verre, parcouru par le gaz vecteur, à l'intérieur duquel un autre tube de verre de faible diamètre, perforé à une extrémité, contient le matériel biologique à analyser (glande ou fragment d'organe végétal). Lorsque le système est chauffé, le gaz vecteur entraîne les matières volatiles présentes dans l'échantillon vers la colonne de chromatographie. Ce dispositif a permis à l'auteur d'analyser directement des produits volatils contenus dans un labelle d'*Ophrys argolica* L., dans une aiguille de *Pinus silvestris* L. ou dans un fragment de tête de *Bombus* sp. Par couplage avec un spectromètre de masse on peut enregistrer le spectre de chaque produit et lui attribuer une structure.

Une modification a été apportée par Bergström (1973). Elle consiste à placer dans l'injecteur du chromatographe une pré-colonne en verre dans laquelle est placé le matériel biologique. Celle-ci est raccordée à un tube en U refroidi par un mélange réfrigérant.

En chauffant la pré-colonne (aux alentours de 170°), le gaz vecteur entraîne tous les volatils présents dans l'échantillon et ceux-ci viennent se condenser dans le tube en U. Après 10 min, on remplace la pré-colonne par une autre de même diamètre, on enlève le mélange réfrigérant et on chauffe la colonne de chromatographie à la température désirée. L'auteur a pu ainsi analyser directement le contenu volatil des glandes labiales de différents *Bombus* (*Bombus agrorum* F. et *Bombus lucorum* E.), de différents labelles d'orchidées et d'écailles androconiales situées sur les ailes de plusieurs rhopalocères du genre *Pieris*.

Le système développé par Stållberg-Stenhagen a été repris et simplifié par Bergström (1976) et nous a permis l'analyse directe des constituants volatils présents dans la glande de la *Cochylis* de la vigne *Eupoecilia* (*Clysia*) *ambiguella* Hb. (fig. 1). A côté de ces dispositifs, somme toute artisanaux, la société Perkin-Elmer a développé indépendamment un injecteur à solide, type MS-41, permettant l'analyse directe des constituants volatils d'un échantillon introduit au préalable dans une microcapsule en aluminium ou en or.

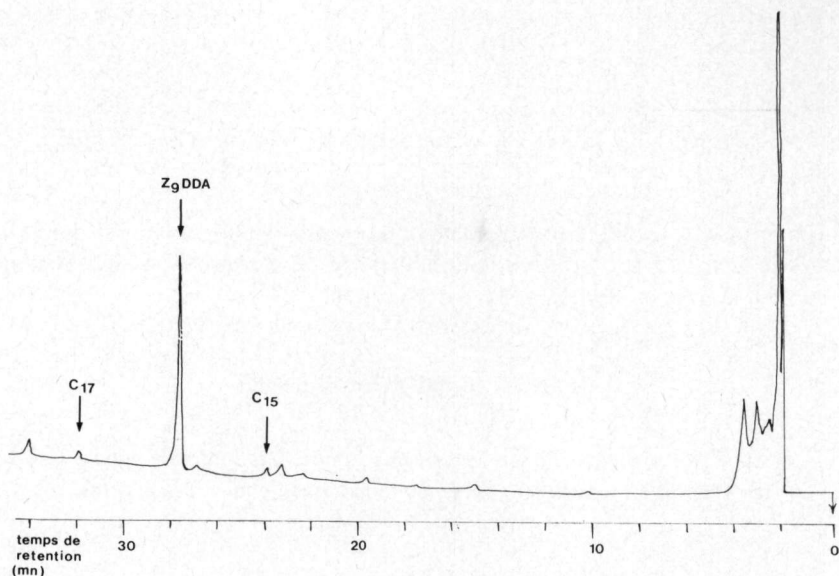


FIG. 1. — Chromatogramme des constituants volatils présents dans dix glandes à phéromone de femelles vierges de *Eupoecilia ambiguella* Hb., prélevées en période d'appel. Conditions : température de l'injecteur 180° ; débit du gaz vecteur (He) 1 ml/min, colonne capillaire verre 25 m OV-101 ; température de la colonne 40-220° (4°/min), les hydrocarbures en C₁₅ et C₁₇ encadrant le produit de la sécrétion servent d'étalons internes.

Cet injecteur a été utilisé pour étudier les constituants volatils présents dans la glande à phéromone de la femelle vierge de la Tordeuse des bourgeons de l'épinette : *Choristoneura fumiferana* Walk. (Weatherston et coll., 1974). C'est à notre connaissance le seul exemple, cité dans la littérature, d'utilisation de ce dispositif pour l'analyse d'une sécrétion phéromonale d'insecte.

La méthode nous ayant paru particulièrement bien adaptée à ce genre d'étude, nous en avons mis au point l'utilisation sur plusieurs espèces de lépidoptères ravageurs des cultures étudiées au laboratoire.

B. — Description d'une manipulation type

On trouvera dans la notice du constructeur, le schéma de principe de l'injecteur MS-41, nous ne le décrirons pas ici. Notons cependant que ce système dérive directement de ceux décrits précédemment par E. Otte (1971). La méthodologie décrite ci-dessous s'applique essentiellement aux femelles de lépidoptères mais elle peut être appliquée à tout matériel biologique contenant des substances volatiles.

Chez les lépidoptères, les glandes productrices de phéromone sexuelle des femelles sont situées au niveau de la membrane intersegmentaire séparant les segments 8 et 9. Elles peuvent être facilement prélevées par dissection après avoir exercé une pression convenable sur l'abdomen de l'insecte. Ce prélèvement est effectué de préférence en début de période d'appel sur des femelles vierges dont l'état physiologique paraît le plus satisfaisant possible.

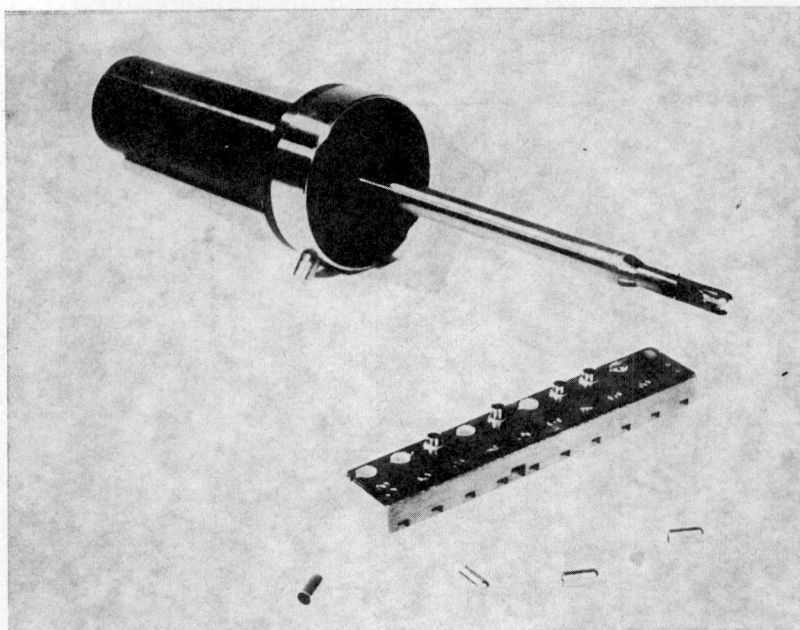


FIG. 2. — Microcapsules en aluminium, support spécial permettant leur maintien et sonde d'introduction.

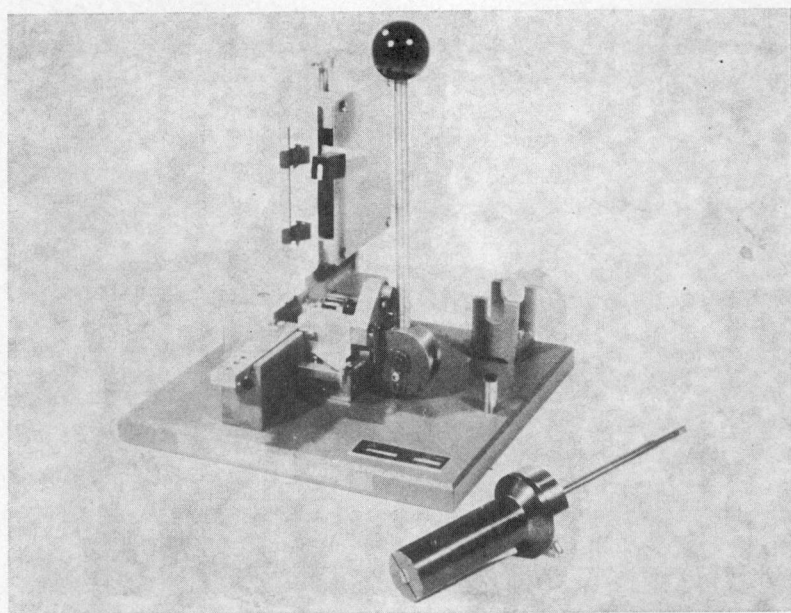


FIG. 3. — Vue d'ensemble de l'appareil permettant le sertissage des capsules ; la sonde d'introduction est également représentée.

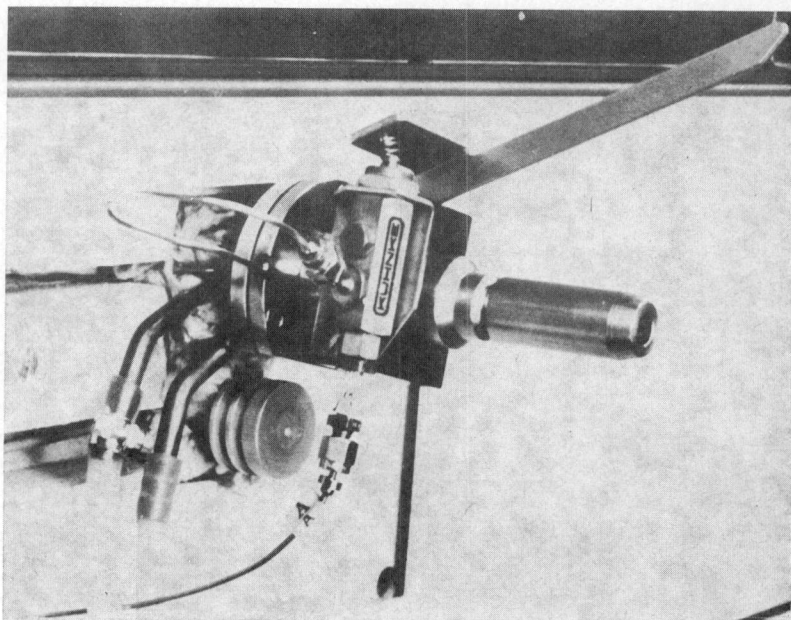


FIG. 4. — Système d'introduction d'échantillons solides MS-41 sans la sonde d'introduction.

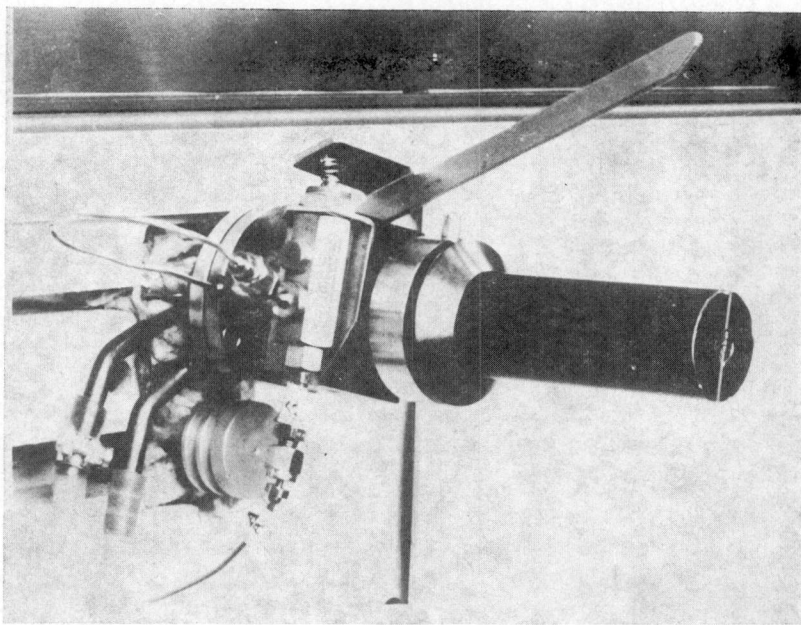


FIG. 5. — Même dispositif que précédemment mais avec la sonde d'introduction. Dans les deux cas (figs. 4 et 5) l'ensemble est fixé sur un chromatographe Perkin-Elmer 3920, muni d'un détecteur à ionisation de flamme.

Les glandes sont alors disposées dans une capsule en aluminium de 3 mm de diamètre sur 6 mm de long insérée sur un support approprié refroidi à la température de l'azote liquide (fig. 2).

Au moyen de l'appareil représenté figure 3, la capsule maintenue sur son support est d'abord scellée et prélevée ensuite à l'aide d'une sonde spéciale qui permet son introduction dans l'injecteur du chromatographe, chauffé au préalable à 170° (fig. 4).

Au moment où la sonde est introduite dans l'injecteur (fig. 5), elle franchit d'abord un premier joint torique qui assure l'étanchéité du système et vient ensuite ouvrir un second clapet qui permet alors à la microcapsule d'être perforée par une aiguille creuse traversée par le gaz vecteur. En pénétrant à l'intérieur de la capsule, le gaz vecteur vient balayer toutes les matières volatiles présentes et les entraîne en tête de colonne pour y être analysées.

2. — Résultats

Les chromatogrammes obtenus à partir de dix glandes prélevées sur des femelles vierges de *Grapholitha molesta* Busk. et de cinq glandes prélevées sur des femelles vierges d'*Hedya nubiferana* sont donnés à titre d'exemple (fig. 6 et 7).

Chez *G. molesta* le constituant principal de la sécrétion phéromonale est l'acétoxy-1 dodécène-8Z (Z_8 DDA) (Roelofs, 1969). Par piégeage sexuel des mâles dans la nature, on a montré que l'acétoxy-1 dodécène-8E (E_8 DDA) (jusqu'à 8 p. 100 environ) et le

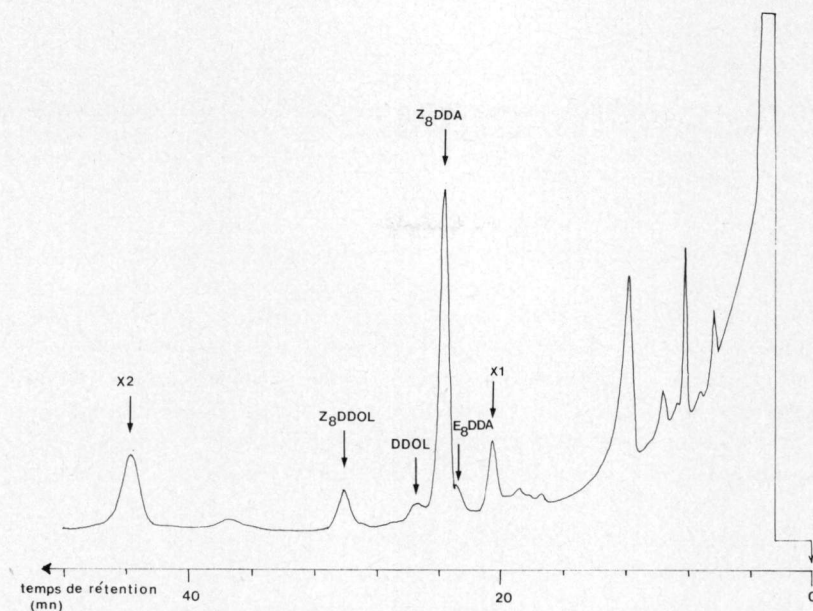


FIG. 6. — Chromatogramme de constituants volatils présents dans dix glandes à phéromone de femelles vierges de *Grapholitha molesta* Busk, prélevées en période d'appel. Conditions : température injecteur 200° ; débit du gaz vecteur (N_2) 10 ml/min ; colonne 5 m inox 1/8", 5 p. 100 FFAP sur Chrom W ; température de la colonne 160° isotherme.

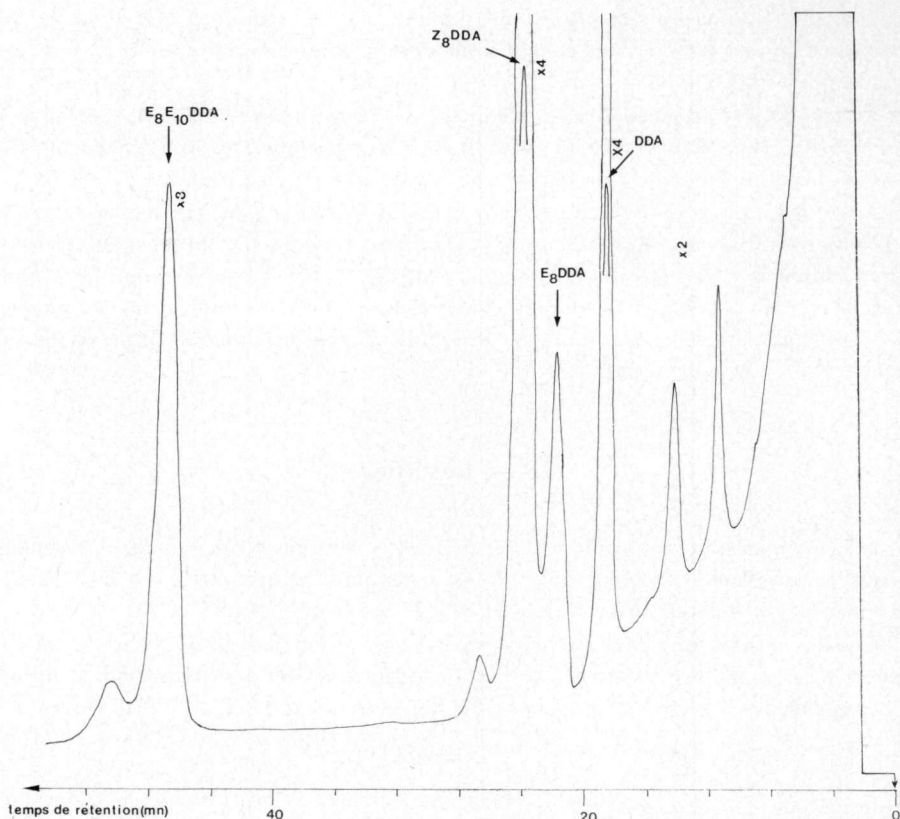


FIG. 7. — Chromatogramme des constituants volatils présents dans cinq glandes à phéromone de femelles vierges d'*Hedyia nubiferana* Haw. prélevées en période d'appel. Conditions : température injecteur 200° ; débit du gaz vecteur (N₂) 10 ml/min ; colonne 5 m inox 1/8", 10 p. 100 SP 2340 sur Chrom W température de la colonne 160° isotherme.

dodécène 8Z-ol-1 (Z₈ DDol) (jusqu'à 1 p. 100 environ) étaient synergistes du Z₈ DDA (Roelofs, 1974 ; Biwer, 1976) et que le dodécanol (C₁₂OH) favorisait l'atterrissage du mâle dans les pièges (Cardé, 1975). Aucun de ces composés secondaires n'avait été mis en évidence dans la sécrétion et leur existence réelle restait hypothétique. Le chromatogramme présenté ici confirme bien leur présence et permet la mesure directe de leurs proportions respectives. Les pics X₁ et X₂, dont les structures n'ont pas pu encore être précisées avec certitude correspondent probablement à des hydrocarbures linéaires d'origine cuticulaire. Ces résultats confirment les travaux récents de Cardé (1979).

Chez *H. nubiferana* (Frérot, 1979), la sécrétion phéromonale est formée de deux groupes de composés :

- Deux monoènes en C₁₂ : les acétoxy-1 dodécènes 8Z et 8E (Z₈ et E₈ DDA).
- Un diène en C₁₂ : l'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E (E₈, E₁₀ DDA).

L'association de l'acétoxy-1 dodécène-8Z et de l'acétoxy-1 dodécadiène-8E, 10E est nécessaire à l'attraction du mâle. L'acétate de dodécanyle (C₁₂ OAc) est synergiste

à faible dose tandis que l'acétoxy-1 dodécène-8E ne semble pas intervenir dans l'attraction à distance du mâle.

L'examen du chromatogramme confirme là encore la présence dans la sécrétion de tous les composés précédemment mentionnés et les proportions calculées sur le chromatogramme correspondent à celles qui sont les plus attractives pour les mâles dans la nature.

Au cours des études menées au laboratoire ces dernières années sur les lépidoptères ravageurs des cultures, on a pu analyser par cette méthode les sécrétions phéromonales des espèces suivantes :

Tortricidae :

<i>Lobesia botrana</i> Schiff.	(Descoins, 1974)
<i>Eupoecilia ambiguella</i> Hb.	(Saglio, 1977)
<i>Cnephasia pumicana</i>	(Biwer, 1977)
<i>Grapholitha molesta</i>	(Biwer, 1979)
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	(Frérot, 1979a)
<i>Choristoneura sorbiana</i>	(Frérot, 1979a)
<i>Archips xylosteanus</i>	(Frérot, 1979a)
<i>Hedya nubiferana</i>	(Frérot, 1979a)
<i>Cacaecimorpha pronubana</i>	(Lalanne-Cassou, 1977)
<i>Epichoristodes acerbella</i>	(Lalanne-Cassou, 1977)
<i>Pandemis heparana</i>	(Frérot, 1979b)

Tineidae

<i>Acrolepiopsis assectella</i>	(Rahn, 1979)
<i>Prays oleae</i>	(Renou, 1979a)
<i>Scrobipalpa ocellatella</i>	(Renou, 1979b)

Noctuidae

<i>Mamestra brassicae</i> L.	(Descoins, 1978)
<i>Mamestra oleracea</i> L.	(Descoins, 1978)

Divers

<i>Hyphantria cunea</i>	(Zagatti, 1979)
<i>Taumethopoea pityocampa</i>	(Lalanne-Cassou, 1979)
<i>Endromis versicolora</i> L.	(Chuilon, 1979)

3. — Discussion

L'injecteur à solide MS-41 est difficilement utilisable avec des colonnes capillaires de verre. La seule version commercialisée permettant cette utilisation, présente les défauts des injecteurs diviseurs. Ceci limite son utilisation dans certains cas. Par exemple, pour *Pandemis heparana*, l'analyse directe de la sécrétion phéromonale ne révèle que l'acétoxy-1 tétradécène-11Z (Z_{11} TDA) (90 p. 100) et l'alcool correspondant (Z_{11} TDol) (10 p. 100).

Les mélanges de ces deux produits s'étant révélés inactifs sur le mâle dans la nature, nous avons dû rechercher par chromatographie sur colonnes capillaires de verre dans un extrait hexanique total de glandes à phéromone, le ou (les) produit(s)

nécessaire(s) à l'attraction du mâle. Cette analyse a mis en évidence la présence de 5 p. 100 d'acétoxy-1 tétradécène-9Z (Z_9 TDA), très difficilement séparable du Z_{11} TDA sur colonnes remplies. Ce composé s'est révélé par la suite indispensable à l'attraction du mâle (six cent cinq mâles capturés dans un piège en une saison avec un mélange dosé à 1 000 μ g de Z_{11} TDA — 85 p. 100, Z_9 TDA — 5 p. 100, Z_{11} TDoI — 10 p. 100 contre 7 seulement avec ce mélange à 1 000 μ g de Z_{11} TDA — 90 p. 100, Z_{11} TDoI — 10 p. 100) (Frérot, communication personnelle).

Récemment Buser et coll. (1979) ont modifié le MS-41 pour pouvoir l'utiliser avec des colonnes capillaires, malheureusement nous n'avons pas encore pu appliquer ce nouveau système à l'étude des sécrétions phéromonales de lépidoptères.

Conclusions

Les sécrétions phéromonales de lépidoptères étant généralement des mélanges de plusieurs produits en proportions bien définies, la méthode d'analyse directe par micro-encapsulation donne une image fidèle de la composition de ce mélange au niveau de la glande productrice. Elle ne renseigne cependant pas sur ce qui est émis par la femelle en période d'appel et ceci constitue une des principales limitations de la méthode.

On a vu également que, dans sa version actuelle, l'injecteur MS-41 ne pouvait pas être utilisé avec des colonnes capillaires de verre, ce qui pose des problèmes lorsqu'il faut résoudre des isomères de position inséparables sur colonnes remplies.

Pour appréhender la composition exacte du « bouquet phéromonal » émis par une femelle en appel, on peut en adsorber les constituants sur un support convenable (Porapak Q ou Tenax) (Byrme, 1975) et les désorber ensuite pour les analyser par chromatographie en phase gazeuse. La comparaison du chromatogramme ainsi obtenu avec celui provenant de la microencapsulation des glandes, renseigne sur les différences pouvant exister entre produits émis et produits présents dans la glande.

L'introduction récente sur le marché de chromatographes permettant l'analyse directe des produits présents dans l'atmosphère entourant une source odorante (Head space analysis) laisse envisager la possibilité d'utiliser cette technique pour identifier les produits volatils présents dans « l'espace actif » entourant une femelle en appel.

Pour exploiter au maximum les avantages de toutes ces méthodes d'analyse directe, il est nécessaire de pouvoir coupler le chromatographe avec un spectromètre de masse muni d'un système de traitement de données permettant l'obtention dans les meilleures conditions des spectres de masse de chaque constituant du mélange.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Direct analysis by gas chromatography of volatiles components found in sex pheromone glands from lepidoptera virgin females

Pheromone producing glands from virgin females of lepidoptera are excised during the calling period and placed in aluminium microcapsules which after are sealed with a suitable device. These capsules are directly introduced in the G. C. apparatus where a special injector permits direct analysis of the volatile components found in the gland, without previous manipulations and extraction procedures. Some examples are described to illustrate the procedure.

Références bibliographiques

- BERGSTROM G., 1973. Studies on natural odoriferous compounds (VI). Use of a pre-column tube for the quantitative isolation of natural volatile compounds for gas chromatography/mass spectrometry. *Chemica scripta*, **4**, 135-138.
- BERGSTROM G., 1976. Communication personnelle.
- BIERL B. A., BEROZA M., COLLIER C. W., 1970. Potent sex attractant of the gipsy moth, its isolation, identification and synthesis. *Science*, **170**, 87-89.
- BIWER G., 1976. Specificité de l'acétoxy-1 dodécène-8Z (Z_8 DDA) vis-à-vis de *G. molesta* Busck, de *G. funebrana* Tr. et de quelques tordeuses des vergers. Les phéromones sexuelles des lépidoptères, I.N.R.A., Station de Zoologie de Bordeaux, 60-78.
- BIWER G., DESCOINS C., GALLOIS M., PRIESNER E., CHAMBON J. P., GENESTIER G., MARTINEZ M. 1977. Etudes de la sécrétion phéromonale de la femelle vierge de la Tordeuse des céréales *Cnephasia pumicana* Zell. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **10**, 129-138.
- BUSER H. U., WIDMER H. M., 1979. Capillary gas chromatography based on a capsule-insertion technique, general aspects and comparaison with split-injection systems. *J. High resolution Chrom. Chrom. Comm.*, 177-183.
- BUTENANDT A., BECKMANN R., STAMM D., HECKER E., 1959. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. Reindarstellung und Konstitution. *Z. Naturforsch.*, **14**, 283-284.
- BYRNE K. J., GORE W. E., PEARCE G. T., SILVERSTEIN R. M., 1975. Porapak Q collection of airborne Organic Compounds serving as models for insect pheromones. *J. Chem. Ecol.*, **1**, 1-7.
- CARDE A. M., BAKER T. C., CARDE R. T., 1979. Identification of a four-component sex pheromone of the female oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera : Tortricidae). *J. Chem. Ecol.*, **5**, 423-427.
- CARDE R. T., BAKER T. C., ROELOFS W. L., 1975. Ethological function of components of a sex attractant system for oriental fruit moth males, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera : Tortricidae). *J. Chem. Ecol.*, **1**, 475-491.
- CHUILON S., DESCOINS C., GALLOIS M., 1979. Résultats non publiés.
- DESCOINS C., LALANNE-CASSOU B., SAMAIN D., 1974. Sur des attractifs sexuels synthétiques pour l'Eudémis de la vigne. *C. R. Acad. Sci Paris (D)*, **279**, 907-910.
- DESCOINS C., PRIESNER E., GALLOIS M., ARN H., MARTIN G., 1978. Sur la sécrétion phéromonale des femelles vierges de *Mamestra brassicae* L., et de *Mamestra oleracea* L., *C. R. Acad. Sci. Paris (D)*, **286**, 77-80.
- FREROT B., DESCOINS C., LALANNE-CASSOU B., SAGLIO P., BEAUVAIS F., 1979a. Essais de piégeage sexuel des lépidoptères Tortricidae des vergers de pommiers par des attractifs de synthèse, *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **11**, 617-636.
- FREROT B., GALLOIS M., EINHORN J., 1979b. La phéromone sexuelle produite par la femelle vierge de *Pandemis heparana* (Den. et Schiff.) (Lépidoptère Tortricidae, Tortricinae), *C. R. Acad. Sci. Paris (D)*, **288**, 1611-1614.
- GROB K., GROB G., 1969. Splitless Injection on Capillary Columns, Part I. The basic technique ; Steroid Analysis as an example. *J. Chrom. Science*, **7**, 584-586.
- GROB K., GROB G., 1969. Splitless Injection on Capillary Columns, Part. II. Conditions and limits, Practical Realisation. *J. Chrom.*, **7**, 587-591.
- GROB K., GROB G., 1972. Méthode pour chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire. Conseils pour la pleine exploitation des colonnes à haute performance. I. Injection directe. *Chromatographia*, **5**, 3-12.
- GROB K., GROB K. Jr, 1978. On column injection on to glass capillary columns. *J. Chrom.*, **151**, 311-320.
- LALANNE-CASSOU B., 1977. Résultats préliminaires des études entreprises pour caractériser les phéromones sexuelles attractives des deux tordeuses de l'œillet *Cacaecimorpha pronubana* et *Epichoristodes acerbella*. Les phéromones sexuelles des insectes, I.N.R.A., Station de Zoologie de Montfavet, 70-80.
- LALANNE-CASSOU B., GALLOIS M., GUERRERO A., FREROT B., DEMOLIN G., 1979. Mise en évidence d'une phéromone sexuelle chez la processionnaire du pin *Taumethopoea pityocampa*. *Ann. Sci. For.* (sous-presse).
- OTTE 1971. Système d'échantillonnage automatique pour la chromatographie en phase gazeuse. *Chromatographia*, **4**, 588-592.
- RAHN R., RENOU M. 1979. Vers l'utilisation d'une phéromone de synthèse, l'hexadécène-11Z al-1 dans la lutte contre la teigne du Poireau. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 759-765.
- RENOU M., DESCOINS C., PRIESNER E., GALLOIS M., LETTERE M., 1979a. Le tétradécène 7Z al-1, constituant principal de la sécrétion phéromonale de la teigne de l'olivier : *Prays oleae* Bun. (Lepidoptera Hyponomeutidae) *C. R. Acad. Sci. Paris (D)*, **288**, 1559-1562.

- RENOU M., DESCOINS C., LALLEMAND J. Y., PRIESNER E., LETTERE M., GALLOIS M., 1979b. L'acétoxy-1 dodécène 3 E (E_3 DDA), composant principal de la phéromone sexuelle de la teigne de la betterave : *Scrobipalpa ocellatella* Boyd (Lépidoptère Gelechiidae). *Entomol. Exp. Applicata* (sous press).
- ROELOFS W. L., COMEAU A., JELLER, 1969. Sex pheromone of the oriental fruit moth, *Nature*, **224**, 723.
- ROELOFS W. L., CARDE R. T., 1974. Oriental fruit moth and Lesser Apple Worm Attractant Mixture Refined. *Environ. Entomol.*, **3**, 586-588.
- SAGLIO P., DESCOINS C., GALLOIS M., LETTERE M., JAOUEN D., MERCIER J., 1977. Etude de la phéromone sexuelle de la Cochylis de la vigne : *Eupoecilia* (*Clysia*) *ambiguella* HB ; *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **9**, 553-562.
- STALLBERG-STENHAGEN, 1972. Studies on natural odoriferous compounds (V.). Splitter-free all glass intake system for glass capillary gas chromatography of volatile compounds from biological material, *Chemica Scripta*, **2**, 97-100.
- WEATHERSTON J., MAC LEAN W., 1974. The occurrence of (E)11 tetradecen-1-ol, a known sex attractant inhibitor, in the abdominal tips of virgin female, eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera : Tortricidae). *Can. Entomol.*, **106**, 281-284.
- ZAGATTI P., 1979. Diplôme d'Etudes approfondies d'Entomologie, Université Pierre et Marie Curie, 36-50.
-

Progress in the analysis of pheromone receptor systems

Ernst PRIESNER

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie D-8131 Seewiesen

Summary

In this paper some recent developments in the study of insect pheromone perception leading to the concept of multi-receptor systems are considered.

Our understanding of the mode of sensory perception of pheromone signals has gained considerably from recent studies in insects. In several insect groups, electrophysiological analysis has revealed examples of olfactory systems composed of distinct types of specialist receptor cells, each cell type responding to a particular component of the pheromone message. These patterns, in conjunction with behavioural evidence, have led to conclude that « ... the comparison of the levels of excitation of the receptor types appears to be the general principle of the encoding of multi-component pheromones (including synergists) in insects »*.

Some recent developments in the study of insect pheromone perception, leading to the concept of multi-receptor systems, will be considered here.

Antennographic evaluation of pheromone gland specificity

Preceding the identification of pheromone components and receptor types, antennogram (EAG) responses to pheromone gland extracts have in some insect groups provided useful indications of species differences in pheromones and corresponding receptor systems.

Figure 1 lists cross-checking results for thirty species from four related moth families, the Bombycidae, Endromididae, Sphingidae, and Saturniidae. The former two families are represented by single species (*Bombyx mori*, *Endromis versicolora*) ; Sphingidae, by spp. no. 3 to 7 ; and Saturniidae, by spp. no. 8 to 30. As can be seen, *B. mori* and *E. versicolora* prefer their own female pheromones over those of the twenty nine other species ; the five Sphingidae spp. are fully-reciprocally responsive, representing an «EAG group» of their own ; whereas the twenty three Saturniidae spp.

* « Conclusions and Recommendations » in : *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, Ritter F. J. ed. p. 407, Elsevier, Amsterdam 1979.

are distributed into eight further groups (fig. 1). An earlier study of one hundred and four Saturniidae spp. (Priesner, 1968) had revealed nineteen « EAG groups » of reciprocally-responding species, each group apparently representing a monophyletic unit (corresponding to a genus, genera group, or subfamily). Moreover, in this family, taxonomic distances between EAG groups seem to be reflected by the degree of partial EAG effects which are pronounced, e.g., in all species combinations between Citheroniinae, Hemileucinae, and Agliinae (the « old » saturniid subfamilies)

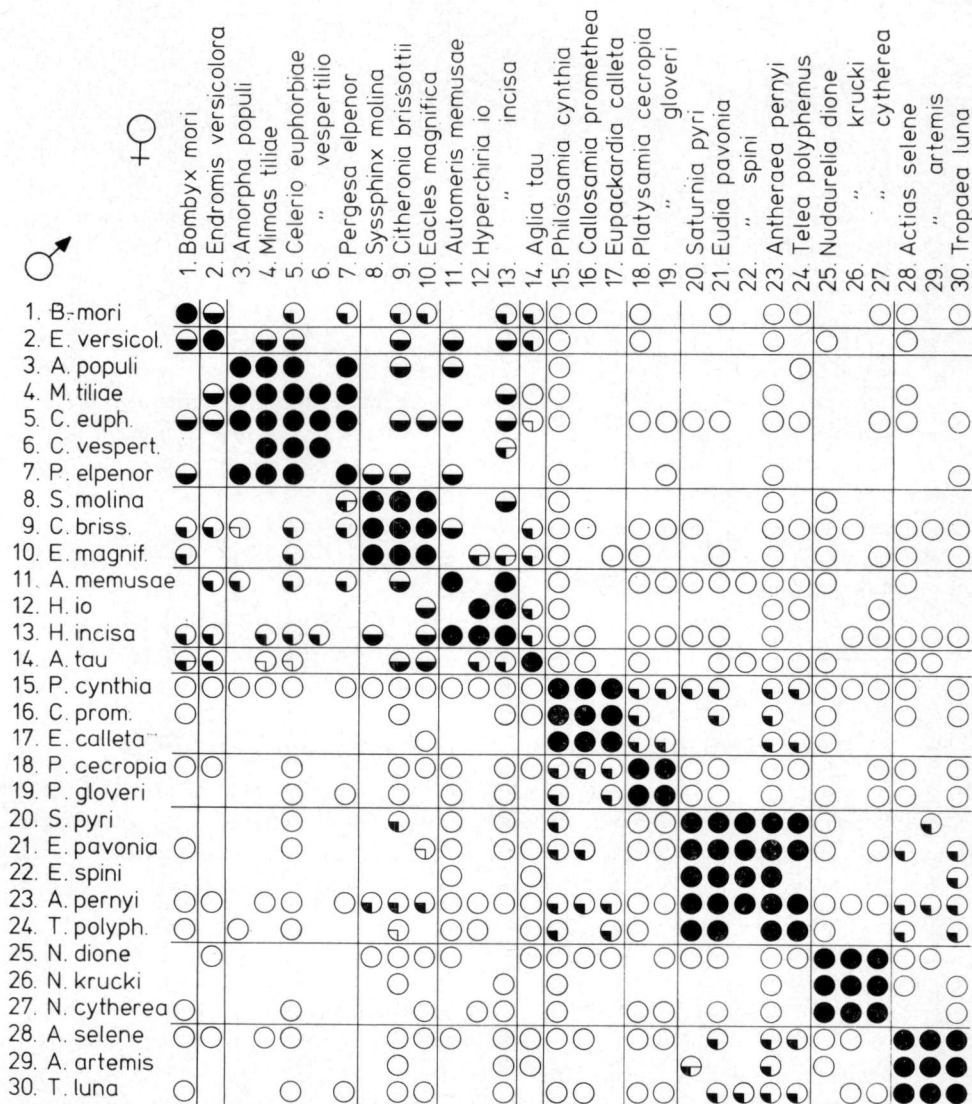


FIG. 1. — Interspecific antennogram responses to female pheromone glands between 30 species of moths : 1, Bombycidae ; 2, Endromididae ; 3-7, Sphingidae ; 8-30, Saturniidae (8-10, Citheroniinae ; 11-13, Hemileucinae ; 14, Agliinae ; 15-30, Saturniinae). Filled circles indicate intraspecific and full interspecific responses ; empty circles, lack of response ; and other symbols, partial responses. « EAG groups » of fully-reciprocally responding species are separated by lines.

but almost absent in combinations between these groups and the phylogenetically more advanced Saturniinae (fig. 1). A close pheromonol relationship between the « old » saturniid subfamilies and the three other families listed (Bombycidae, Endromididae, Sphingidae) is indicated by the data and supports the concept of a common phylogenetic origin of these moth families.

In several taxonomic groups of Lepidoptera, patterns of this kind have provided valuable leads in the course of EAG and single cell work with synthetic compounds, discussed below.

Antennogram responses to synthetic compounds

Comparative studies of structure-response relationships in insect pheromone receptors often include broad sets of systematically altered test compounds. In such studies it is of advantage to characterize, for each test compound and species, the relative stimulatory effect by a single response value. Concerning antennogram (EAG) responses, « amplitude profiles » represent normalized EAG response amplitudes to a standard test amount, whereas the « response spectrum » method intends to indicate the stimulus amounts required for a standard response :

« EAG amplitude profiles » have been reported for various species from a number of moth families (Roelofs, 1976). Although these profiles do not indicate the absolute differences in the effects of the test compounds, the method has impressively demonstrated the gradual change in EAG responsiveness following « stepwise » alterations in structural features of the pheromone molecules. Based on the amplitude profile method, « EAG screening » of male moth antennae by synthetic standard compounds has proved a most valuable tool in pheromone identifications (Roelofs, 1976).

« EAG response spectra » of equipotent stimulus amounts have been presented in particular for Noctuidae and Tortricidae test spp. (Priesner 1973, 1977, 1979 ; Priesner *et al.* 1975, 1977). The method is illustrated in table I by the response spectra of a noctuid (*Amathes c-nigrum*) and a tortricid species (*Spilonota laricana*) to the same set of (Z)- and (E)-alkenyl acetates. Of these, Z7-14:Ac in *A. c-nigrum* and Z8-14:Ac in *S. laricana* (the major components of the sex pheromones of the species) are effective at the lowest amount of 0.001 μ g ; for the analogues up to 1 000 fold higher amounts are required to elicit the equivalent response (table I).

Although the key compounds of the two species are close positional isomers, basically different structure-response relationships to the analogues are apparent from the spectra. Considering, e.g., the optimum position of the (Z) double bond in the C₁₂ to C₁₆ chains, *A. c-nigrum* follows the noctuid type response pattern as described earlier (Priesner, 1973 ; Priesner *et al.*, 1975, 1977), whereas *S. laricana* represents a tortricid type pattern characterized by the constant optimum position for the double bond in all five chains (table 1). Another basic difference between the two families, not reported previously, is the relative effect of the corresponding geometric isomer : in the noctuid pattern (represented by *A. c-nigrum*), the corresponding (E) isomer is 3-10 less effective for the key molecule (Z7-14:Ac) as well as most of the analogues ; whereas in *S. laricana* the (E) isomers are 30-100 fold less effective for position 8 but almost as effective as (Z) for the other double bond positions — position 8, although

strongly preferred in the (Z) series, is not preferred in the (E) isomers (table I). The same structure-response relationships as pointed out here by EAG data have been observed in the single receptor studies, discussed below.

TABLE 1

Male EAG response spectra of *Amathes c-nigrum* (Noctuidae) and *Spilonota laricana* (Tortricidae) to (Z) and (E) alkenyl acetates, altered in chain length (12 to 16) and double bond position (5 to 12). Values indicate equipotent stimulus amounts in a half log scale (0.01 represents a range from 0.0056 to 0.018 μg ; 0.03, from 0.018 to 0.056 μg ; etc.).

<i>A. c-nigrum</i>						<i>S. laricana</i>					
	12:Ac	13:Ac	14:Ac	15:Ac	16:Ac		12:Ac	13:Ac	14:Ac	15:Ac	16:Ac
Z5-	0.03	0.03	0.01	0.03	0.3	1	0.3	0.3	1	1	
Z6-	0.1	0.03	0.01		0.3	1	0.3	0.3	1		
Z7-	0.03	0.01	0.001	0.01	0.1	0.3	0.1	0.03	0.3	1	
Z8-	0.1	0.03	0.01	0.01	0.3	0.03	0.003	0.001	0.01	0.03	
Z9-	0.1	0.03	0.01	0.03	0.03	0.3	0.1	0.03	0.03	0.1	
Z10-	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	1	0.1	0.1	0.1		
Z11-			0.1	0.1	0.1		0.3	0.1	0.3	0.3	
Z12-			0.3		0.3			0.1	1	0.3	
E5-	0.1		0.03	0.3	1	1		1		3	
E6-	0.3	0.1	0.03				1				
E7-	0.1	0.03	0.003	0.03	0.3	1		0.1	1	1	
E8-	0.3		0.03		0.3	1	0.3	0.1	0.3	1	
E9-	0.3	0.1	0.03	0.1	0.1	1	1	0.3	1	1	
E10-	0.3	0.1	0.1	1	1	1	1	0.3			
E11-		0.3	0.3	0.3	0.3			0.3	0.3	1	
E12-			0.3	1	1			0.3	1	1	

Examples of « pure » EAG spectra, reflecting the responses of a single receptor type to the entire set of test compounds, have been reported from several moth families (Schneider, 1977; Kaissling, 1977, 1979; Priesner, 1979). Another, common type are « binary » EAG spectra composed of two, non-overlapping, receptor spectra. E.g., in the grape moth, *Sparganothis pilleriana*, receptors for E9-12:Ac and for E9-12:OH generate an acetate and an alcohol EAG spectrum (Saglio *et al.*, 1977) which by selective adaptation can be reduced to one of the underlying receptor spectra (fig. 2).

Similar relationships between EAG and single receptor responses apply to some of the species listed in figure 1. In *Bombyx mori*, receptors for E10, Z12-16:OH (bombykol) and for E10, Z12-16:Ald (bombykal) both are reflected in EAG recordings (Kaissling, 1977, 1979; Kaissling *et al.*, 1978) and may both have contributed to the EAG responses to pheromone glands listed in line 1 of figure 1. *Endromis versicolora*, in contrast, is one thousand fold more sensitive to bombykal than to bombykol and shows a « pure » aldehyde EAG spectrum to synthetic compounds (Priesner *et al.*, in prep.). *Antheraea pernyi* and *Telea polyphemus* (species no. 23 and 24) produce E6, Z11-16:Ac and E6, Z11-16:Ald, respectively, as their major pheromones (Kochansky *et al.*, 1975) but both species have receptors for both compounds (Kaissling, 1979) and, in EAG cross-checking tests, each species fully-reciprocally responds to pheromone

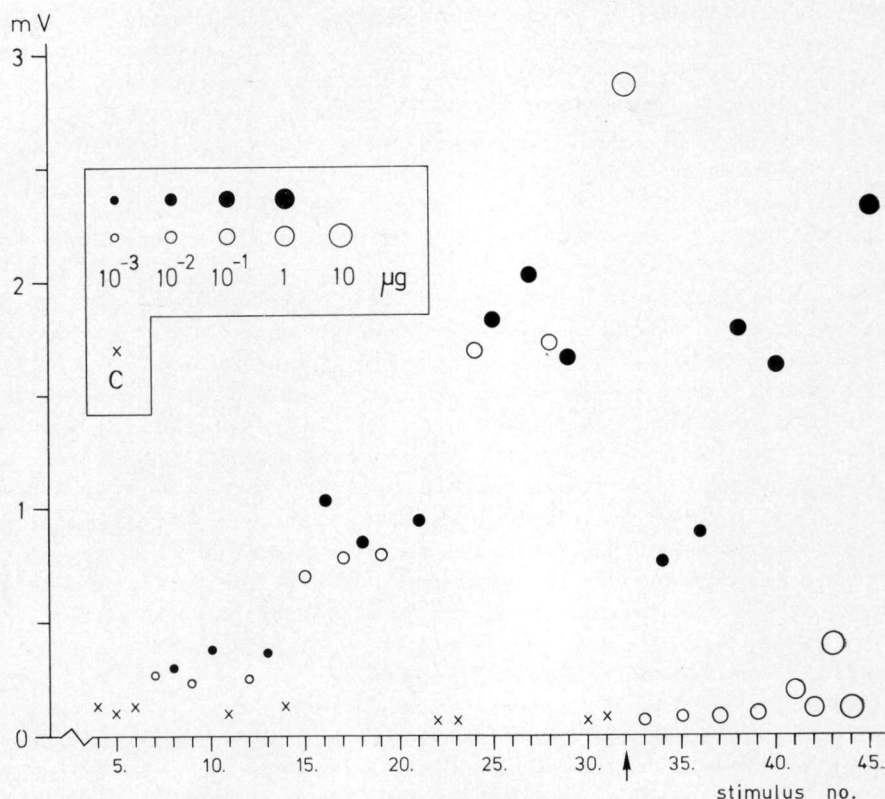


FIG. 2. — Sequence of antennogram responses (mV amplitude) of an antennal preparation of male *Sparganothis pilleriana* to indicated amounts of E9-12 : Ac (●) and E9-12 : OH (○). The size of the symbols reflects the stimulus amounts given in the inset ; × represents control stimulation without pheromone. The forty two stimuli were presented in this sequence at 25-45 sec intervals. The two compounds (which act on different types of receptor cells) elicit similar EAG response amplitudes in the non-adapted antenna. Following stimulation by 10 µg E9-12 : OH (no. 32, marked by arrow), antennal responses to alcohol stimuli are strongly reduced without affecting the responsiveness to acetates (In the reverse experiments, not shown, strong stimuli of E9-12 : Ac selectively eliminated the acetate response of the EAG spectrum.)

glands of the other (fig. 1). These few examples may show that EAG responses to pheromone glands, determined in cross-checking experiments, have to be interpreted in the context of single receptor responses to synthetic test compounds.

Receptor types — specialists and generalists

The most pronounced feature of a pheromone receptor cell is provided by the maximally effective (key stimulus) compound. The key compound is the primary feature in classifying receptor types and the point of reference in all statements of structure-activity relationships. Receptor types as discussed below all are based on key compounds. The response spectra to test analogues provide further characters applicable to receptor classification.

The chemical specificities of pheromone receptor cells in insects have repeatedly been reviewed with respect to sensory transduction and receptor site interaction (Kaissling, 1976, 1977 ; Kafka, 1974, 1976 ; Kafka and Neuwirth, 1975 ; Priesner, 1977, 1979 ; Schneider, 1971, 1979). For the present consideration it is of relevance whether receptor cells, which respond maximally to the same (key) compound, all exert the identical response spectrum to test analogues. Although the experimental evidence does not permit final statements, differences between taxonomic groups of insects in the occurrence of « specialist » and « generalist » type pheromone receptors are suggested :

Pheromone receptors in male moths are the classical system of « odour specialist receptors » as defined by Schneider (1969), and systematic structure-activity studies on receptor cells in the male trichoid hair sensilla are now going on in a number of moth families. Results of these studies are consistent with the concept that receptor cells, responding to the same key molecule in the same or closely-related species, all have the same (within the range of experimental variation) response specificity to analogous compounds (see Schneider *et al.*, 1977 ; Kaissling, 1979 ; Priesner, 1979). However, even in this insect order, differential specificities become apparent when comparing receptors for a common pheromone structure in taxonomically-distant moth families. *E.g.*, receptors for Z9-14:Ac (or those for Z11-14:Ac) in Noctuidae and in Tortricidae test spp. are found to differ, between the two families, in a number of respects including the response values to stereoisomers, positional isomers, and elongated chains (E. Priesner, unpubl. results).

Different statements seem to apply to some other insect groups. In *Ips* bark beetles, olfactory cells, apparently specialized for the same pheromone component (such as Ipsdienol, Ipsenol, or *cis*- or *trans*-Verbenol), showed individually varying specificities in their responses to analogous compounds ; moreover, some cells responded to two or three different pheromone components, suggesting combinations of different receptor sites at the same cell (Mustaparta, 1979 ; Mustaparta *et al.*, 1977, 1979). Similar conclusions have been reached for other bark beetles (Dickens and Payne, 1977 ; Payne and Dickens, 1976), longhorn beetles (Dyer and Seabrook 1978), and weevils (Mustaparta, 1975). Also in the honey bee (*Apis mellifera*), receptor cells for 9-Oxo-(E)-2-decenoic acid (queen substance) varied individually in their response spectra to structural analogues (Vareschi, 1971). In these insect groups, pheromone receptors appear to be « odour generalists » (rather than « specialists ») although more data are needed to establish these conclusions.

Multiple receptor systems

In all insect groups more closely investigated, multi-component pheromones are found to be corresponded by olfactory systems composed of several types of specialized receptor cells. In the analysis of these systems, a first step consists of a search for receptor types responding to the individual components of the pheromone blends of the test species.

These studies have proceeded furthest for the receptor cells in the trichoid hair sensilla of male moth antennae. Here, by recording from the hair end with the tip cut off (Kaissling, 1974), the nerve impulse responses of one or more receptor cells

of the particular sensillum can be monitored over several hours. The technique has been applied to comparative studies in Saturniidae (Kaissling, 1979), Lymantriidae (Schneider *et al.*, 1977), Yponomeutidae (Van der Pers, 1976 ; Van der Pers and Den Otter, 1978), Tortricidae (O'Connell, 1975 ; Den Otter, 1977 ; Priesner, 1979), Noctuidae (Priesner, 1979 ; Priesner *et al.*, 1978), and Sphingidae, Phycitidae, and Arctiidae (E. Priesner, unpubl. results). In these groups of moths, between two to five different types of receptor cells (based on the key compounds) were found to be associated with this type of sensillum in a single species. These cells seem to occur in stereotyped sets (« physiological sensillum types ») in which the different cell types can be distinguished by the relative amplitudes of their nerve impulses (and have accordingly been classified cell A to E).

In order to illustrate « activation profiles » across the species-specific sets of receptor types in moth hair sensilla, a procedure has been proposed (Priesner, 1979) which in table 2 is applied to a further noctuid species, *Pseudaletia unipuncta*. This armyworm species seems to use a four-component receptor system composed of three acetate receptors and one aldehyde receptor, for which Z11-16:Ac, Z9-14:Ac, Z7-12:Ac, and Z11-16:Ald, respectively, are the maximally effective (key) compounds (table 1). Chemical analysis of the female pheromone of the species, and of the male-to-male inhibitory pheromone recently demonstrated (Hirai *et al.*, 1978), seems to agree closely with these receptor key compounds (C. Descoins, pers. comm.). Despite the various unknowns (such as numerical proportions of receptor types, their absolute sensitivities, and their CNS processing), such presentations may be useful in visualizing activation patterns across the chemosensory system elicited by different concentration steps of key chemicals, structural analogues, and attractive (pheromonal, parapheromonal) vs. non-attractive compound combinations (see Priesner, 1979).

In Noctuidae and Tortricidae (the two families more closely studied), sensory systems in the male trichoid hair sensilla are found to be preferentially organized by three or four different receptor types, with occasional examples of apparent two- or five-receptor systems. There seem to be systems composed only of aldehyde receptors, or only acetate receptors (as in *Polia pisi* in which the analysis has revealed specialist cells for Z11-14:Ac, Z9-14:Ac, Z11-16:Ac, and Z7-12:Ac but no alcohol- or aldehyde-sensitive receptor cell ; E. Priesner, unpubl. results). However, the prevailing patterns found in the two families consisted in two or three acetate receptors combined with either one aldehyde receptor (as in *Pseudaletia unipuncta*, see above) or one alcohol receptor (as in *Peridroma saucia*, *Mamestra brassicae*, or *Cacaecimorpha pronubana* ; Priesner, 1979). The spruce budworm moth, *Choristoneura fumiferana*, had been mentioned (Priesner, 1979) as an example of receptor cells for aldehyde, alcohol, and acetate components all combined within the same male sensillum. Such complex patterns are found even with the « pure » EAG response spectra, mentioned above, which seem to reflect the activities of only one of the receptor types.

Although, as a rule, the key compounds of these receptor cells appear to be components of the conspecific female pheromone, various exceptions from this correspondence have been recorded. This suggests that, with respect to these moth families, « ... the differentiation of pheromone production systems and of receptor types are not absolutely in parallel, evolutionary hang-overs providing various interspecific connections » (Priesner, 1979). Specialist receptors for behavioural (intra- or inter-specific) inhibitors are commonly recorded in noctuid and tortricid pheromone recep-

TABLE 2

Responses of 4 receptor cells (A to D) in male *Sensilla trichodea* of *Pseudaletia unipuncta* to indicated amounts of test chemicals (Ac, acetates; Fo, formates; OH, alcohols; Ald, aldehydes). Size of filled circles symbolizes frequency of nerve impulse response; open circles indicate lack of response.

	amount (μ g)	cell A	cell B	cell C	cell D
Z5-12:Ac	10	○	•	•	○
Z6-12:Ac	10		•		
Z7-12:Ac	0.1			•	
	1	○		•	
	10	•	•	•	○
E7-12:Ac	10			•	○
Z8-12:Ac	10	•		•	
Z9-12:Ac	10	•	•	•	○
Z7-14:Ac	10	•		•	○
Z8-14:Ac	10	•			
Z9-14:Ac	0.1		•	○	
	1	•	•		
	10	•	•	•	○
E9-14:Ac	10	•	•	•	○
Z10-14:Ac	10	•	•		○
Z11-14:Ac	10	•	•	•	○
Z9-16:Ac	10	•	•	•	○
Z10-16:Ac	10	•		○	
Z11-16:Ac	0.01	•			
	0.1	•	○		
	1	•		○	○
	10	•	•	•	○
E11-16:Ac	10	•	•	○	○
Z12-16:Ac	10	•		○	
Z13-16:Ac	10	•	•	○	○
Z7-12:OH	10	○		•	○
Z9-14:OH	10	○		○	○
Z11-16:OH	10	•	○	○	•
Z7-12:Ald	10	○		○	•
Z9-14:Ald	10	○	○	○	•
Z11-14:Ald	10	○	○		•
Z9-16:Ald	10	○			•
Z10-16:Ald	10		○		•
Z11-16:Ald	0.1				•
	1	○			•
	10	•	○	○	•
E11-16:Ald	10	○	○	○	•
Z12-16:Ald	10	○			•
Z13-16:Ald	10	○			•
Z7-12:Fo	10	○	•	•	•
Z9-14:Fo	10	•	•	○	•
Z11-16:Fo	10	•	○		•

for systems, although the biological significance of the « inhibitory cell » has not in all cases been established, an example being the receptor cells for E8, E10-12:Ac (acetate of codlemone) in the male codling moth, *Laspeyresia pomonella* (Preiss and Priesner, 1978).

By applying the present procedures to broader sets of moth species of known taxonomic relationships, current work is directed at determining evolutionary sequences in these male receptor systems (as indicated, e.g., by an « exchange » of one of the cell types in the multi-receptor system).

The practical significance of these studies is evident. In the pine beauty moth, *Panolis flammea*, a pest of Scotch pine in Europe and Asia, single cell « screening » has permitted prediction of an highly efficient attractant mixture based on the receptor key compounds (Priesner *et al.*, 1978). In other cases, species-specific attractants reported from field screening tests were shown to be parapheromone mixtures rather than the true pheromones. For example, the redbacked cutworm, *Euxoa ochrogaster*, is specifically attracted to a 1:2 to 1:5 combination of Z5-12:Ac and Z8-12:Ac, with Z4-10:Ac, E5-10:Ac or Z5-11:Ac acting as attraction synergists, and Z5-10:Ac or Z7-12:Ac as inhibitors (Struble and Swailes, 1978). However, the male receptor system of the species is composed of specialist cells for Z5-10:Ac, Z5-12:Ac, and Z7-12:Ac, whereas no cell specific to Z8-12:Ac or the three synergists was found (E. Priesner, unpubl. results). This pattern suggested that, in the field screening tests, the high dose of Z8-12:Ac may have acted as a mimic for a small amount of the « true synergist » Z7-12:Ac. In fact, recent analysis of the *E. ochrogaster* female pheromone blend has revealed the presence of Z5-10:Ac, Z5-12:Ac, and Z7-12:Ac (but not Z8-12:Ac) which in the proper combination provided an improved attractant mixture (Struble *et al.*, in press).

It must be emphasized that, at least in some moth species, the receptor cells in the trichoid hair sensilla seem to be only part of the male olfactory repertoire involved in pheromone perception. In the male silkmoth, *Bombyx mori*, receptor cells of Sensilla basiconica (sensory peg organs) are strongly activated by mulberry leaf volatiles whereas the response is inhibited (as apparent in the block of the nerve impulse discharge and the hyperpolarization of the slow receptor potential) during bombykol stimuli (E. Priesner, unpubl. results). A role of food plant odours in the orientation to pheromone sources is unknown for the silkmoth but has been well established in some other moth species (e.g. Rahn, 1968 ; Kaae and Shorey, 1973 ; Stockel and Sureau, 1976).

Compared to the male olfactory systems, few studies have investigated the perception of pheromones by female moths (see Birch, 1971, 1974 ; Den Otter *et al.*, 1978 ; Grant *et al.*, 1972 ; Light and Birch, 1978 ; Payne and Finn, 1977). Following the discovery that the silkmoth (*Bombyx mori*) female does not respond to her own sex pheromone, this pattern has been found to hold true for most lepidopteran test spp. Exceptions include some noctuid and tortricid genera in which, in all species investigated, female antennae showed EAG responses to their own pheromones. An often-quoted example is the female cabbage looper moth (*Trichoplusia ni*) which responds to her sex pheromone, Z7-12:Ac, in EAG recordings and is attracted to this chemical in the field (Birch, 1977 ; Light and Birch, 1979). However, differing from the male EAG spectrum, the *T. ni* female antenna is more responsive to the C₁₄ homologue, Z7-14:Ac (E. Priesner, unpubl. results), a compound of unknown biological function.

There has been repeated speculation of the mode of sensory perception of the various volatile terpenoids, aromatics, and carbocyclic acids which are produced in large quantities in male abdominal scent brushes in Noctuidae and other moths (see Birch, 1974). Single sensillum recordings from female moth antennae indicate that these compounds are perceived by types of specialist receptor cells of high chemical specificity. E.g., the antennal receptor system of the female angle shades moth, *Phlogophora meticulosa*, includes specialist cells for 6-methyl-5-hepten-2-one and for the corresponding alcohol (fig. 3a, b), both reported components of the male arrestant pheromone (see Birch, 1974); and a third type of receptor which responds to a close structural analogue, 2,6-dimethyl-5-hepten-2-ol (fig. 3c) (Priesner, Klein and Rojahn, in prep.). Specialist receptors for this latter compound (fig. 3c) also occur, together with receptors for benzoic acid, within each of the trichoid hair sensilla of the antenna of the female silkmooth, *Bombyx mori*, in which this compound elicits a characteristic wing fluttering response (E. Priesner, unpubl. results).

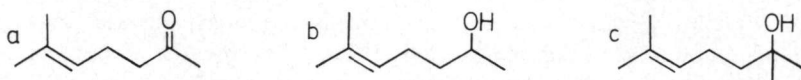


FIG. 3. — Key compounds of three types of antennal receptor cells of female *Phlogophora meticulosa*. a) 6-methyl-5-hepten-2-one; b) 6-methyl-5-hepten-2-ol; c) 2,6-dimethyl-5-hepten-2-ol.

A few notes on pheromone receptor systems in other groups of insects may be added. In bark beetles, the olfactory repertoires of *Ips pini* and *I. paraconfusus* have been studied in detail (see Mustaparta, 1979). The two species, which are closely-related taxonomically, use the same terpene alcohol (ipsdienol) as the major component of their aggregation pheromones but are not cross-attractive in the field due to species-specific minor pheromone components that mutually inhibit the attraction of the other species (Birch and Wood, 1975; Birch and Light, 1977; Light and Birch, 1979). Nonetheless, in both species the same major types of olfactory receptor cells (as defined by their key compounds) were found although at different numeric proportions (Mustaparta, 1979; Mustaparta et al., 1977, 1979). These types included specialist receptors for ipsdienol, for ipsenol (a synergistic component of the *paraconfusus* pheromone which on *pini* acts as a strong attraction inhibitor), and for 2-methyl-3-buten-2-ol (a component of the pheromones of other *Ips* spp., not found in *pini* or *paraconfusus*). Thus, as in the olfactory systems of some male moths (see Priesner, 1979), *Ips* bark beetles seem to use specialist receptor cells to detect interspecific inhibitors.

In the honey bee, *Apis mellifera*, olfactory cells of the pore plate organs of worker bee and drone antennae have been grouped into types according to effective test compounds (Vareschi, 1971). These types include specialist cells for queen substance, for alarm pheromones (pentyl acetate, 2-heptanone), and for components of the Nassanoff secretion. There were almost no overlapping effects of the same compounds on more than one receptor type, whereas within types the dose-response relationships of the effective compounds varied from cell to cell. Evidently based on these individual receptor specificities, honey bees in behavioural experiments clearly discriminate, with few exceptions, between compounds perceived by the same receptor cells (Vareschi, 1971).

A similar study for an ant species, *Lasius fuliginosus*, again revealed an olfactory system apparently composed of receptor types with non-overlapping specificities (DumPERT, 1972). One of these receptors responded maximally to undecane, the major alarm pheromone of the species. Known alarm pheromone components of other ant spp. — including ketones, aldehydes, secondary alcohols, and monoterpenes, all ineffective on *L. fuliginosus* behaviourally — activated further five receptor types (DumPERT, 1972). This pattern suggests that pheromone components in ants may be widely perceived interspecifically beyond genera and subfamilies, emphasizing the need for comparative receptor studies in this hymenopteran family (see also Masson and Friggi, 1974).

The few examples mentioned here suggest different basic patterns in the organization of pheromone receptor systems in different insect groups. These systems may be tentatively referred to as the « moth pattern » (consisting of few types of receptor cells with constant (= specialist) response spectra which are widely separated between types) ; the « honey bee pattern » (maintained by groups of cells, each group responding to the same set of compounds but with varying (generalist) response spectra which do not overlap between groups) ; and the « bark beetle pattern » (characterized by overlapping responses between generalist type receptors *).

In all these olfactory systems, there were receptor cells specifically responsive to primary and secondary pheromone components (including synergists) and, in some cases, to an intra- or interspecific behavioural inhibitor or to a behaviourally-inert pheromone component produced by a related species. The receptor systems of insects, thus composed, can apparently accomodate an almost infinite variety of chemical messages in which the proper composition of the pheromone signal is recognized by a characteristic activity ratio of the different receptor types.

Reçu pour publication en Juillet 1979.

Résumé

Progrès dans l'analyse des systèmes récepteurs de phéromones

La connaissance du mode de perception sensorielle des signaux phéromonaux s'est considérablement accrue par les études récentes sur les insectes. Chez plusieurs groupes d'insectes, l'analyse électrophysiologique a révélé des exemples de systèmes olfactifs composés de types distincts de cellules réceptrices spécialisées, chaque type de cellule correspondant à un composé particulier du message phéromonal.

Quelques développements récents dans l'étude de la perception phéromonale chez l'insecte, aboutissant au concept de systèmes multi-récepteurs sont analysés dans le présent article.

References

- BAKER T. C., ROELOFS W. L., 1976. Electroantennogram responses of the male moth, *Argyrotaenia velutinana* to mixtures of sex pheromone components of the female. *J. Insect Physiol.*, **22**, 1357-1364.
- BALTENSWEILER W., PRIESNER E., ARN H., DELUCCHI V., 1978. Unterschiedliche Sexuallockstoffe bei Lärchen- und Arvenform des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera diniana* Gn., Lep. Tortricidae). *Mitt. schweiz. entomol. Ges.*, **51**, 133-142.

* A further possible pattern, composed of specialist receptors with constant but broadly overlapping response spectra, has recently been reported for olfactory cells involved in food odour perception by a cockroach (Sass, 1978).

- BESTMANN H. J., VOSTROWSKY O., PLATZ H., BROSCHE T., KOSCHATZKY K. H., 1979. Pheromone XXIII. (Z)-7-Tetradecenylacetat, ein Sexuallockstoff für Männchen von *Amathes c-nigrum* (Noctuidae, Lepidoptera). *Tetrahedron Lett.*, 497-500.
- BIRCH M. C., 1971. Intrinsic limitations in the use of electroantennograms to bioassay male pheromones in Lepidoptera. *Nature*, **233**, 57-58.
- BIRCH M. C., 1974. Aphrodisiac pheromones in insects. In BIRCH M., *Pheromones*, 115-134, North-Holland Publ. Co., Amsterdam.
- BIRCH M. C., 1977. Response of both sexes of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera : Noctuidae) to virgin females and to synthetic pheromone. *Ecol. Entomol.*, **2**, 99-104.
- BIRCH M. C., LIGHT D. M., 1977. Inhibition of the attractant pheromone response in *Ips pini* and *I. paraconfusus* (Coleoptera : Scolytidae) : field evaluation of ipsenol and linalool. *J. Chem. Ecol.*, **3**, 257-267.
- BIRCH M. C., WOOD D. L., 1975. Mutual inhibition of the attractant pheromone response by two species of *Ips* (Coleoptera : Scolytidae). *J. Chem. Ecol.*, **1**, 101-113.
- BOECKH J., 1974. Die Reaktionen olfaktorischer Neurone im Deutocerebrum von Insekten im Vergleich zu den Antwortmustern der Geruchssinneszellen. *J. comp. Physiol.*, **90**, 183-205.
- BOECKH J., BOECKH V., KÜHN A., 1977. Further data on the topography and physiology of central olfactory neurons in insects. In LE MAGNEN J., MAC LEOD P., *Olfaction and Taste*, **VI**, 315-321, IRL, London.
- BOECKH J., ERNST K. D., SASS H., WALDOW U., 1975. Coding of odor quality in the insect olfactory pathway. In DENTON D. A., *Olfaction and Taste*, **V**, 239-245, Academic Press, London.
- DEN OTTER C. J., 1977. Single sensillum responses in the male moth *Adoxophyes orana* (F. v. R.) to female sex pheromone components and their geometrical isomers. *J. comp. Physiol.*, **121**, 205-222.
- DEN OTTER C. J., SCHUIL H. A., SANDER-VAN OOSTEN A., 1978. Reception of host plant odours and female sex pheromone in *Adoxophyes orana* (Lepidoptera : Tortricidae) : electrophysiology and morphology. *Entomol. exp. appl.*, **24**, 370-378.
- DESCOINS C., FREROT B., 1979. Sex pheromone specificity in the tortricid fauna of apple-orchards. In RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 181-185, Elsevier, Amsterdam.
- DESCOINS C., PRIESNER E., GALLOIS M., ARN H., MARTIN G., 1978. Sur la sécrétion phéromonale des femelles vierges de *Mamestra brassicae* L. et de *Mamestra oleracea* L. (Lépidoptères Noctuidae, Hadeninae). *C. R. Acad. Sci. Paris, sér. D*, **286**, 77-80.
- DICKENS J. C., PAYNE T. L., 1977. Bark beetle olfaction : pheromone receptor system in *Dendroctonus frontalis*. *J. Insect Physiol.*, **23**, 481-489.
- DUMPERT K., 1972. Alarmstoffrezeptoren auf der Antenne von *Lasius fuliginosus* (Latr.) (Hymenoptera, Formicidae). *Z. vergl. Physiol.*, **76**, 403-425.
- DYER L. J., SEABROOK W. D., 1978. Evidence for the presence of acceptor sites for different terpenes on one receptor cell in male *Monochamus notatus* (Drury) (Coleoptera : Cerambycidae). *J. Chem. Ecol.*, **4**, 523-529.
- FREROT B., PRIESNER E., GALLOIS M., 1979. A sex attractant for the green budworm moth, *Heyda nubiferana* Haw. *Z. Naturforsch.* (in press).
- FUJIMURA T., 1976. Mating behavior and sex attractant of the spottet cutworm moth, *Amathes c-nigrum* L. (Lepidoptera : Noctuidae). *Jap. J. appl. Entomol. Zool.*, **20**, 133-138.
- GRANT G. G., BRADY U. E., BRAND J. M., 1972. Male armyworm scent brush secretion : identification and electroantennogram study of major components. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **65**, 1224-1227.
- HIRAI K., SHOREY H. H., GASTON L. K., 1978. Competition among courting male moths : male-to-male inhibitory pheromone. *Science*, **202**, 644-645.
- KAAE R. S., SHOREY H. H., 1973. Sex pheromones of Lepidoptera. 44. Influence of environmental conditions on the location of pheromone communication and mating in *Pectinophora gossypiella*. *Environ. Entomol.*, **2**, 1081-1084.
- KAFKA W. A., 1974. Physicochemical aspects of odor reception in insects. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **237**, 115-128.
- KAFKA W. A., 1976. Energy transfer and odor recognition. In : BENZ G., *Structure-activity Relationships in Chemoreception*, 123-136, IRL, London.
- KAFKA W. A., NEUWIRTH J., 1975. A model of pheromone molecule-acceptor interaction. *Z. Naturforsch.* **30c**, 278-282.
- KAISLING K.-E., 1976. The problem of specificity in olfactory cells. In : BENZ G., *Structure-activity Relationships in Chemoreception*, 137-148, IRL, London.
- KAISLING K.-E., 1977. Structure of odour molecules and multiple activities of receptor cells. In : LE MAGNEN J., MAC LEOD P., *Olfaction and Taste*, **VI**, 9-16, IRL, London.

- KAISLING K.-E., 1979. Recognition of pheromones by moths, especially in saturniids and *Bombyx mori*. In : RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 43-56, Elsevier, Amsterdam.
- KAISLING K.-E., KASANG G., BESTMANN H. J., STRANSKY W., VOSTROWSKY O., 1978. A new pheromone of the silkworm moth *Bombyx mori* : sensory pathway and behavioural effect. *Naturwissenschaften*, **65**, 382-384.
- KASANG G., KAISLING K.-E., VOSTROWSKY O., BESTMANN H. J., 1978. Bombykal, eine zweite Pheromonkomponente des Seidenspinners *Bombyx mori* L. *Angew. Chemie*, **90**, 74-75.
- KOCHANSKY J., TETTE J., TASCHENBERG E. F., CARDÉ R. T., KAISLING K.-E., ROELOFS W. L., 1975. Sex pheromone of the moth *Antheraea polyphemus*. *J. Insect Physiol.*, **21**, 1977-1983.
- LEVINSON A. R., LEVINSON H. Z., SCHWAIGER H., CASSIDY R. F., SILVERSTEIN, R. M., 1978. Olfactory behavior and receptor potentials of the khapra beetle *Trogoderma granarium* (Coleoptera : Dermestidae) induced by the major constituents of its sex pheromone, certain analogues, and fatty acid esters. *J. Chem. Ecol.*, **4**, 95-108.
- LIGHT D. M., BIRCH M. C., 1979a. Electrophysiological basis for the behavioural response of male and female *Trichoplusia ni* to synthetic pheromone. *J. Insect Physiol.*, **25**, 161-167.
- LIGHT D. M., BIRCH M. C., 1979b. Inhibition of the attractive pheromone response in *Ips paraconfusus* by (R)-(-)-ipsdienol. *Naturwissenschaften*, **66**, 159-160.
- MASSON C., FRIGGI A., 1974. Codage de l'information par les cellules des récepteurs olfactifs de l'antenne de *Camponotus vagus* L. *J. Insect Physiol.*, **20**, 763-782.
- MUSTAPARTA H., 1975. Responses of single olfactory cells in the pine weevil *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). *J. comp. Physiol.*, **97**, 271-290.
- MUSTAPARTA H., 1979. Chemoreception in bark beetles of the genus *Ips* : synergism, inhibition and discrimination of enantiomers. In : RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 147-158, Elsevier, Amsterdam.
- MUSTAPARTA H., ANGST M. E., LANIER G. N., 1977. Response of single receptor cells in the pine engraver beetle, *Ips pini* (Say) (Coleoptera : Scolytidae) to its aggregation pheromone, ipsdienol, and the aggregation inhibitor, ipsenol. *J. comp. Physiol.*, **121**, 343-347.
- MUSTAPARTA H., ANGST M. E., LANIER G. N., 1979. Specialization of olfactory cells to insect- and host-produced volatiles in the bark beetle *Ips pini* (Say). *J. Chem. Ecol.*, **5**, 109-123.
- O'CONNELL R. J., 1975. Olfactory receptor responses to sex pheromone components in the red-banded leaf roller moth. *J. gen. Physiol.*, **65**, 179-205.
- PALANASWAMY P., SEABROOK W. D., 1978. Behavioural responses of the female eastern spruce budworm *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera, Tortricidae) to the sex pheromone of her own species. *J. Chem. Ecol.*, **4**, 649-655.
- PAYNE T. L., 1975. Bark beetle olfaction. III. Antennal olfactory responsiveness of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann and *D. brevicornis* Le Conte (Coleoptera : Scolytidae) to aggregation pheromones and host tree terpene hydrocarbons. *J. Chem. Ecol.*, **1**, 233-242.
- PAYNE T. L., 1979. Pheromone and host odor perception in bark beetles. In : NARAHASHI T., *Neurotoxicology of Insecticides and Pheromones*, 27-57, Plenum Press, New York.
- PAYNE T. L., DICKENS J. C., 1976. Adaptation to determine receptor system specificity in insect olfactory communication. *J. Insect Physiol.*, **22**, 1569-1572.
- PAYNE T. L., FINN W. E., 1977. Pheromone receptor system in females of the greater wax moth *Galleria mellonella*. *J. Insect Physiol.*, **23**, 879-881.
- PFAFF D. W., 1975. Theoretical consideration of cross-fiber pattern coding in the neural signalling of pheromones and other chemical stimuli. *Psychoneuroendocrinology*, **1**, 79-93.
- PREISS R., PRIESNER E., 1978. Neue Laborverfahren zur Wirksamkeitsbestimmung von Lockstoffen und Lockstoff-Inhibitoren beim Apfelwickler *Laspeyresia pomonella* (L.). *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Entomol.*, **1**, 166-169.
- PRIESNER E., 1968. Die interspezifischen Wirkungen der Sexuallockstoffe der Saturniidae (Lepidoptera). *Z. vergl. Physiol.*, **61**, 263-297.
- PRIESNER E., 1969. A new approach to insect pheromone specificity. In PFAFFMANN C., *Olfaction and Taste*, **III**, 235-240, Rockefeller Univ. Press, New York.
- PRIESNER E., 1973. Artspezifität und Funktion einiger Insektenpheromone. *Fortschr. Zool.*, **22**, 49-135.
- PRIESNER E., 1977. Evolutionary potential of specialized olfactory receptors. In : LE MAGNEN J., MAC LEOD P., *Olfaction and Taste*, **VI**, 333-341, IRL, London.
- PRIESNER E., 1979. Specificity studies on pheromone receptors of noctuid and tortricid Lepidoptera. In : RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 57-71, Elsevier, Amsterdam.
- PRIESNER E., BESTMANN H. J., VOSTROWSKY O., RÖSEL P., 1977. Sensory efficacy of alkyl-branched pheromone analogues in noctuid and tortricid Lepidoptera. *Z. Naturforsch.*, **32c**, 979-991.

- PRIESNER E., BOGENSCHÜTZ H., ALTENKIRCH W., ARN H., 1978. A sex attractant for the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Z. Naturforsch.* **33** c, 1000-1002.
- RAHN M. R., 1968. Rôle de la plante-hôte sur l'attractivité sexuelle chez *Acrolepia assectella* Zeller (Lep. Plutellidae). *C. R. Acad. Sc. Paris D*, **266**, 2004-2006.
- ROELOFS W. L., 1976. The scope and limitations of the electroantennogram technique in identifying pheromone components. In : MCFARLANE N. R., *Crop Protection Agents*, 147-165, Academic Press, London.
- ROELOFS W. L., 1978. Threshold hypothesis for pheromone perception. *J. Chem. Ecol.*, **4**, 685-699.
- ROELOFS W. L., 1979. Production and perception of lepidopterous pheromone blends. In : RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 159-168, Elsevier, Amsterdam.
- ROELOFS W. L., CARDÉ R. T., 1977. Responses of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. *Ann. Rev. Entomol.*, **22**, 377-405.
- ROELOFS W. L., COMEAU A., 1971. Sex pheromone perception : synergists and inhibitors for the red-banded leaf roller attractant. *J. Insect Physiol.*, **17**, 435-448.
- SASS H., 1976. Zur nervösen Codierung von Geruchsreizen bei *Periplaneta americana*. *J. comp. Physiol.*, **107**, 49-65.
- SASS H., 1977. Coding of food and sex odours in *Periplaneta americana*. In : LE MAGNEN J., MAC LEOD P., *Olfaction and Taste*, **VI**, 359, IRL, London.
- SASS H., 1978. Olfactory receptors on the antennae of *Periplaneta* : response constellations that encode food odors. *J. comp. Physiol.*, **128**, 227-233.
- SCHNEIDER D., 1962. Electrophysiological investigation of the olfactory specificity of sexual attracting substances in different species of moths. *J. Insect Physiol.*, **8**, 15-30.
- SCHNEIDER D., 1969. Insect olfaction : deciphering system for chemical messages. *Science*, **163**, 1031-1037.
- SCHNEIDER D., 1971. Molekulare Grundlagen der chemischen Sinnes bei Insekten. *Naturwissenschaften*, **58**, 194-200.
- SCHNEIDER D., 1979. Pheromone von Insekten : Produktion, Perzeption, Inaktivierung. *Nova Acta Leopoldina* (in press).
- SCHNEIDER D., KAFKA W. A., BEROZA M., BIERL B. A., 1977. Odor receptor responses of male gypsy and nun moths (Lepidoptera, Lymantriidae) to disparlure and its analogues. *J. comp. Physiol.*, **113**, 1-15.
- SCHOONHOVEN L. M., 1976. On the variability of chemosensory information. *Symp. Biol. Hung.*, **16**, 261-266.
- SEABROOK W. D., 1978. Neurobiological contributions to understanding insect pheromone systems. *Ann. Rev. Entomol.*, **23**, 471-485.
- SHEPHERD G. M., 1978. Central processing of olfactory signals. In : MÜLLER-SCHWARZE D., MOZELL M. M., *Chemical Signals in Vertebrates*, 489-497, Plenum Press, New York.
- STARRAT A. N., DAHM K. H., ALLEN N., HILDEBRAND J. G., PAYNET T. L., RÖLLER H., 1979. Bombykal, a sex pheromone of the sphinx moth *Manduca sexta*. *Z. Naturforsch.*, **34c**, 9-12.
- STOCKEL J., SUREAU F., 1976. Utilisation de la phéromone de synthèse pour la mise en évidence du rôle de la plante-hôte sur l'attractivité sexuelle chez *Sitotroga cerealella* Oliv. In : *Les phéromones sexuelles des Lépidoptères (I.N.R.A., Station de Zoologie Bordeaux)*, 194-199.
- STRUBLE D. L., ARN H., BUSER H. R., SWALLES G. E., 1979. Identification of sex pheromone components of redbacked cutworm, *Euxoa ochrogaster*, and modification of the sex attractant blend for the adult males. *J. Chem. Ecol.* (in press).
- STRUBLE D. L., SWAILES G. E., 1978. Sex attractant for adult males of the redbacked cutworm, *Euxoa ochrogaster*. *Environ. Entomol.*, **7**, 384-386.
- TAMAKI Y., 1979. Multi-component sex pheromone of Lepidoptera with special reference to *Adoxophyes* sp. In : RITTER F. J., *Chemical Ecology : Odour Communication in Animals*, 169-180, Elsevier, Amsterdam.
- VAN DER PERS J. N. C., 1976. Single cell analysis of male antennal receptors in several species of small ermine moths (Lepidoptera : Yponomeutidae). *Abstr. 2nd Congr. European Chemorec. Res. Org.*, Reading (U.K.), p. 56.
- VAN DER PERS J. C. N., 1978. Responses from olfactory receptors in females of three species of small ermine moths (Lepidoptera : Yponomeutidae) to plant odours. *Ent. exp. appl.*, **24**, 394-398.
- VAN DER PERS J. N. C., DEN OTTER C. J., 1978. Single cell responses from olfactory receptors of small ermine moths to sex-attractants. *J. Insect Physiol.*, **24**, 337-343.
- VARESCHI E., 1971. Duftunterscheidung bei der Honigbiene — Einzelzell-Ableitungen und Verhaltensreaktionen. *Z. vergl. Physiol.*, **75**, 143-173.
- WALDOW U., 1977. CNS units in cockroach (*Periplaneta americana*) : specificity of response to pheromones and other stimuli. *J. comp. Physiol.*, **116**, 1-17.
- YAMADA M., SAITO T., KATAGIRI K., IWAKI S., MARUMO S., 1976. Electroantennogram and behavioural responses of the gypsy moth to enantiomers of disparlure and its trans analogues. *J. Insect Physiol.*, **22**, 755-761.

L'utilisation du piégeage sexuel pour les avertissements agricoles et la prévision des risques

J. TOUZEAU

Protection des végétaux B. P. 20, 31130 Balma

Résumé

Depuis 1972, les stations d'Avertissements Agricoles, utilisent les méthodes de piégeage sexuel à l'aide de phéromones sexuelles de synthèse, en remplacement du piégeage alimentaire, du piégeage lumineux et du piégeage coloré. Ceci s'applique particulièrement aux espèces suivantes : *Laspeyresia pomonella* L. *Grapholita molesta* Busck., *Lobesia botrana* Schiff., *Laspeyresia funebrana* Tr., *Eupoecilia ambiguella* Bb. Une étude critique des résultats obtenus pour les 3 premières d'entre elles en ce qui concerne : 1^o la prévision des périodes de risques, 2^o la prévision de l'importance des risques, permet de conclure que le piégeage sexuel apporte des améliorations sensibles par rapport aux anciennes méthodes de piégeage.

Introduction

Les Stations d'Avertissements Agricoles ont pour rôle essentiel de conseiller les agriculteurs sur les traitements phytosanitaires à exécuter dans leurs cultures au fur et à mesure du déroulement des événements climatologiques et de l'évolution des végétaux cultivés et de leurs ennemis.

Pour être à même de ne conseiller que des traitements indispensables, et de donner éventuellement des avis de « non-traitement », les avertissements agricoles doivent disposer de techniques de travail leur permettant :

1. de prévoir quelques jours à l'avance les périodes de risques importants pour situer les époques de traitement.

2. de mesurer géographiquement l'importance des risques pour nuancer les conseils donnés et les adapter aux diverses régions de production de chaque circonscription.

Depuis de nombreuses années, le piégeage des adultes de diverses espèces d'insectes ravageurs constitue une des principales techniques utilisée pour apprécier l'évolution de certains ennemis des arbres fruitiers, de la vigne, des grandes cultures et des cultures légumières.

Le piégeage est effectué dans les parcelles expérimentales des stations, par le personnel de la Protection des Végétaux, et chez les agriculteurs, par les propriétaires volontaires qui adressent quotidiennement les relevés des captures à la Station d'Avertissements.

Jusqu'à une époque récente, on utilisait principalement le piégeage alimentaire, le piégeage lumineux et le piégeage coloré.

Depuis 1972, l'apparition de capsules chargées de phéromones sexuelles de synthèse a permis le remplacement progressif des anciennes méthodes par le piégeage sexuel, en particulier pour les espèces ci-dessous :

- Le carpocapse des pommes (*Laspeyresia pomonella* L.).
- La tordeuse orientale du pêcher (*Grapholita molesta* Busck).
- L'eudemis de la vigne (*Lobesia botrana* Schiff.).
- Le carpocapse des prunes (*Laspeyresia funebrana* Tr.).
- La cochylis de la vigne (*Eupoecilia ambiguella* Hb.).

Les données recueillies pour les trois premières espèces permettent dès à présent de faire un premier bilan sur les possibilités offertes par le piégeage sexuel pour les besoins des avertissements agricoles.

Etude critique du piégeage sexuel de *Laspeyresia pomonella*, *Grapholita molesta* et *Lobesia botrana* utilisé pour la prévision des périodes de risques

Pour permettre une prévision correcte des périodes de risques, un bon piégeage doit posséder au minimum les deux qualités essentielles suivantes :

1. être sélectif,
2. donner une image fidèle des fluctuations des populations, permettant une bonne prévision de l'évolution du dépôt des pontes et de leur éclosion.

1. — La sélectivité des capsules de phéromones sexuelles

Un piégeage est sélectif lorsque les captures relevées sont constituées uniquement par des insectes appartenant à l'espèce désirée. En pratique, on peut admettre quelques autres captures, à condition que celles-ci soient facilement séparées de l'espèce pour laquelle le piège a été installé. Cette condition est particulièrement importante pour les agriculteurs chargés du piégeage, qui ne sont pas des entomologistes.

La sélectivité des capsules de phéromones de *Laspeyresia pomonella* est satisfaisante, les quelques espèces secondaires capturées se distinguant facilement du carpocapse des pommes (Milaire, 1976 ; Touzeau, 1973).

Il en est de même pour la phéromone sexuelle de *Lobesia botrana*.

Par contre, dans le cas de *Grapholita molesta*, le Cis-8-dodécényl acétate, substance active de la phéromone, est également attractif pour *Laspeyresia funebrana* (Biewer, 1977). Ces deux tordeuses sont particulièrement ressemblantes, et dans le Sud-Ouest de la France, où voisinent vergers de pêchers et de pruniers, il est pratiquement impossible pour un non-spécialiste de séparer les deux espèces, difficilement identifiables dans la glu des pièges.

A titre d'exemple, on a relevé en 1977, à Toulouse, 216 mâles de *G. molesta* + 141 ♂ de *L. funebrana* dans un piège placé dans un petit verger de pêchers, mitoyen de quelques pruniers. Il est bien évident que l'allure de la courbe des piégeages hebdoma-

daïres est très différente, en particulier en août-septembre, selon que l'on confond (agriculteur-piégeur) ou sépare (spécialiste) les deux espèces (fig. 1).

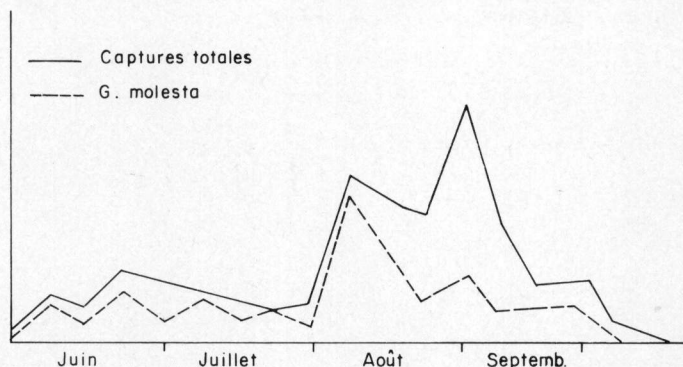


FIG. 1.

En outre, dix-sept autres espèces de lépidoptères ont été capturées, parfois en nombre assez important avec le Cis-8-dodécényl acétate (Besson *et al.*, 1974 ; Biwer, 1977).

II. — La représentativité des courbes de captures

L'évolution d'une population d'adultes est schématiquement représentée par une courbe en cloche, dont la forme varie avec l'espèce considérée et les conditions climatologiques de l'année.

Une bonne image de cette courbe est obtenue à partir des sorties d'adultes en cages d'élevage, dans des conditions naturelles, en tenant compte de la durée de vie moyenne des adultes de chaque espèce.

Malheureusement, les élevages constituent une lourde contrainte et ne peuvent être multipliés hors des Stations d'Avertissements Agricoles. Par contre, le piégeage sexuel est une technique facile à mettre en œuvre, qui peut être aisément implantée sur le terrain dans les diverses petites régions agricoles qui composent une circonscription phytosanitaire, à la condition, toutefois, que les courbes de captures obtenues soient bien représentatives de l'évolution des populations locales. C'est pourquoi les résultats du piégeage sexuel font l'objet d'analyses approfondies dans de nombreux pays.

1. Comparaison des courbes de captures et des courbes de populations théoriques.

La figure 2 donne quelques exemples de courbes de captures et des courbes correspondantes des populations théoriques établies à partir des sorties d'adultes en cages d'élevage pour *Laspeyresia pomonella*, *Grapholita molesta* et *Lobesia botrana*.

A partir de ces courbes, on peut noter :

1.1. Certains décalages entre les premières captures de la génération hibernante et les premières sorties d'adultes en élevage.

Les captures sont en général plus précoces, ce qui prouve la grande attractivité des phéromones sexuelles de synthèse qui capturent les premiers mâles présents dans la nature.

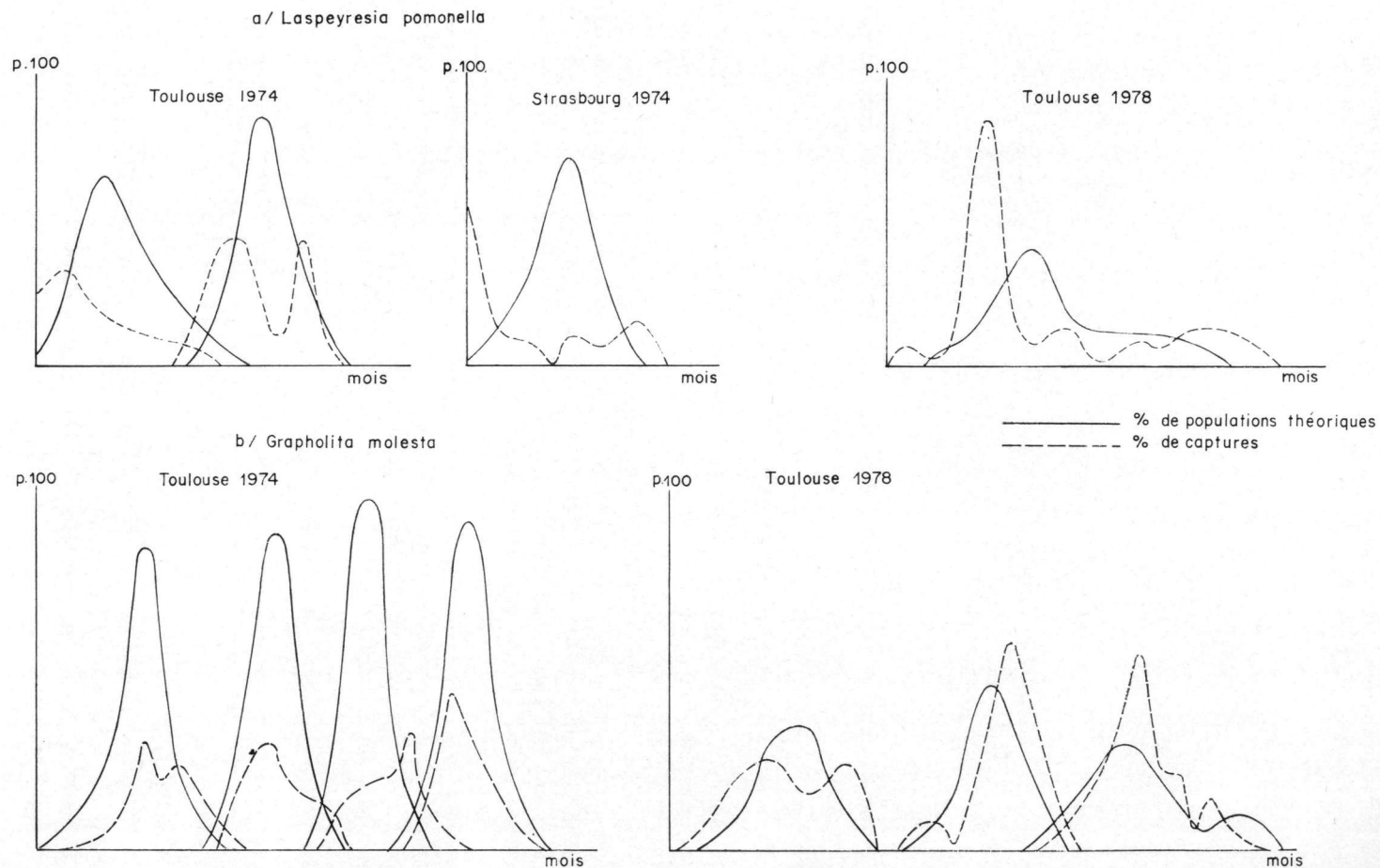


FIG. 2.

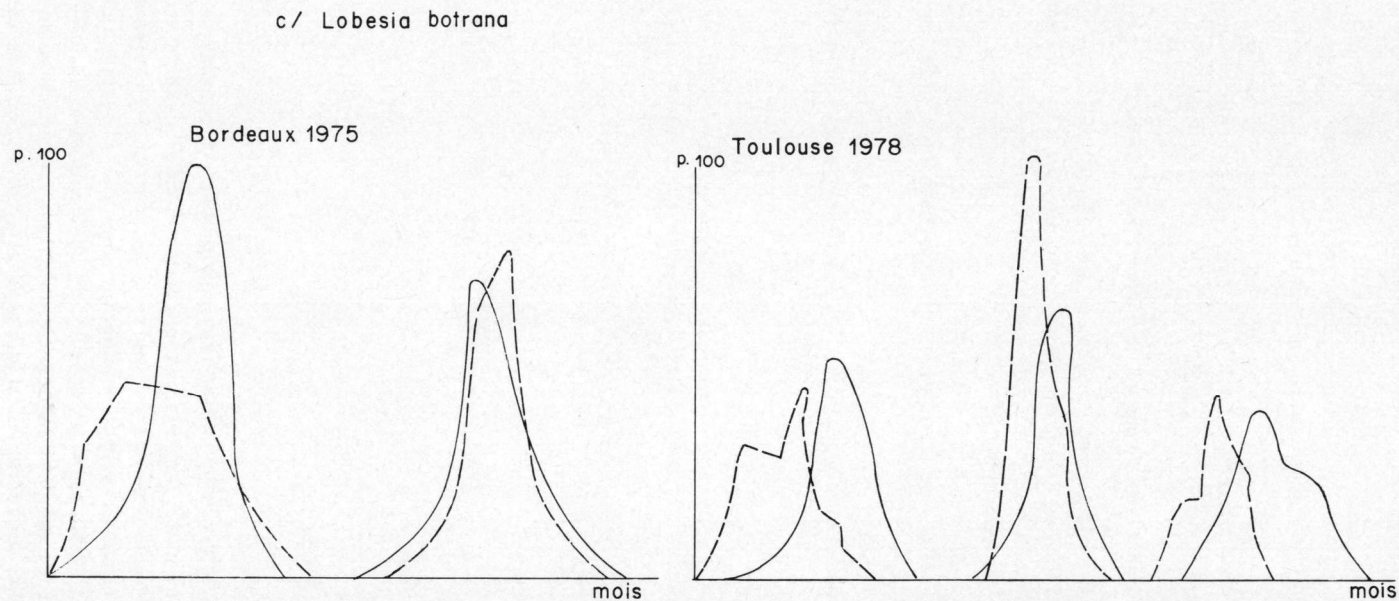


FIG. 2. — Comparaison des courbes de captures aux pièges sexuels et des courbes de populations théoriques à partir d'élevages.

1.2. L'allure générale des courbes de piégeage représente assez fidèlement celle des courbes des populations de la tordeuse orientale (b) et de l'eudemis de la vigne (c).

1.3. Par contre, on observe d'importantes divergences entre courbes de piégeage et courbes de populations pour le carpocapse des pommes (a). En particulier, les périodes de maximum de populations correspondent le plus souvent à des périodes de faibles captures.

Il importe donc d'analyser en détail les facteurs qui peuvent agir sur l'attractivité des capsules de phéromones.

2. Notions de rendement des pièges et de compétition.

Si l'attractivité des capsules était constante pour chaque mâle au cours d'un vol, le nombre de captures devrait être proportionnel chaque jour à la population des mâles présents, tout autre facteur abiotique ou biotique étant égal par ailleurs. Le rendement des pièges serait une constante.

Le rendement du piégeage au cours d'un vol peut être représenté par le rapport du p. 100 de captures/p. 100 de population mâle théorique présente pendant une période déterminée.

L'étude de ces rendements a été faite, par périodes d'une semaine, pour les vols printaniers de *L. pomonella*, *G. molesta* et *L. botrana*. Quelques exemples figurent dans le tableau 1.

TABLEAU 1

Rendements de quelques pièges sexuels au cours du vol de la génération diapausante
(par périodes d'une semaine)

<i>Laspeyresia pomonella</i>			<i>Grapholita molesta</i>			<i>Lobesia botrana</i>		
1974	1976	1978	1974	1975	1978	1976	1977	1978
14,1	2,1	14,1	10,7	2,0	8,5	11,9	2,5	3,0
2,3	1,6	3,6	3,6	0,5	1,8	4,0	1,0	0,9
0,5	0,5	0,3	1,5	0,1	0,8	0,7	0,7	0,6
0,3	0,3	0,2	0,7	1,0	0,5	0,3	0,9	0,5
0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,6
0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7	0,4	
0,2	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7		0,2	
0,5	0,8	0,5	0,5	1,4	2,8			
0,6	2,2	0,2						
2,3	2,0	0,9						

A partir de ce tableau, on constate les phénomènes suivants :

2.1. Le rendement des pièges est régulièrement plus élevé, parfois dans une très forte proportion, en début de vol, au cours des deux premières semaines.

Les premières captures surestiment donc les populations. Ceci peut s'expliquer par la compétition qui s'établit entre les capsules de phéromones et les femelles présentes dans les cultures. Cette compétition tourne d'autant plus à l'avantage des capsules que le nombre de femelles concurrentes est faible. C'est le cas en début de vol, où les mâles apparaissent souvent les premiers (protandrie) pendant quelques jours.

2.2. Le rendement des pièges est relativement constant au cours de la période de plein vol, lorsque la population de femelles et le sex-ratio variant peu, la compétition capsules-femelles atteint un certain niveau d'équilibre.

2.3. En fin de vol, le rendement des pièges s'élève à nouveau, avec la diminution progressive du nombre de femelles concurrentes, en particulier les années où les vols traînent en longueur avec de faibles densités de population.

Le tableau 2 regroupe les rendements moyens des pièges sexuels en fonction des pourcentages de populations présentes. Il apparaît nettement que les rendements sont maxima pour des populations faibles et qu'ils décroissent avec leur augmentation.

On peut aisément comparer les divers rendements obtenus en fonction des pourcentages de populations présentes en donnant la valeur 100 de référence au rendement maximum pour chaque espèce (chiffres entre parenthèses dans le tableau 2).

TABLEAU 2

Rendements des pièges sexuels en fonction de l'importance des populations présentes

p. 100 de populations présentes	<i>L. pomonella</i>	<i>G. molesta</i>	<i>L. botrana</i>
0,1-2 p. 100	14,1 (100)	7,0 (100)	7,2 (100)
2,1-5 p. 100	2,1 (15)	2,2 (31)	3,0 (42)
5,1-10 p. 100	1,1 (8)	1,2 (17)	2,5 (35)
10,1-20 p. 100	0,4 (3)	0,8 (11)	0,6 (8)
20,1-40 p. 100	0,4 (3)	0,5 (7)	0,6 (8)
40,1-60 p. 100	0,3 (2)	0,5 (7)	0,6 (8)
> 60 p. 100	—	—	0,3 (4)

On note ainsi que lors du maximum de populations présentes (40 à 60 p. 100), en plein vol, le rendement des capsules de phéromones n'est que de 2 p. 100 pour *L. pomonella*, 7 p. 100 pour *G. molesta* et 8 p. 100 pour *L. botrana* du rendement maximum observé en début de vol (< 2 p. 100 de populations présentes).

Le phénomène de compétition apparaît très nettement pour des populations faibles (zone A de la fig. 3). Le rendement des pièges chute brutalement avec l'arrivée progressive de nouvelles femelles concurrentes. L'augmentation des populations ne compense pas la diminution brutale de rendement des capsules et les courbes de captures ne sont pas représentatives des variations de populations. C'est le cas le plus fréquent pour le carpocapse des pommes dont les populations sont souvent inférieures à cent couples/ha, dans les vergers entretenus.

Pour des populations élevées, par contre (zone B de la fig. 3), le rendement des pièges se stabilise rapidement et les fluctuations du nombre de captures représentent d'une façon satisfaisante les variations de populations. C'est le cas de l'eudemis de la vigne par exemple, ses populations étant souvent supérieures à dix mille couples/ha.

3. Action des facteurs climatiques.

Certaines fluctuations des courbes de captures peuvent être dûes au fait que l'activité de vol demande généralement un seuil de température plus élevé que le seuil de développement physiologique (Riedl et al., 1976). Il peut donc y avoir des sorties

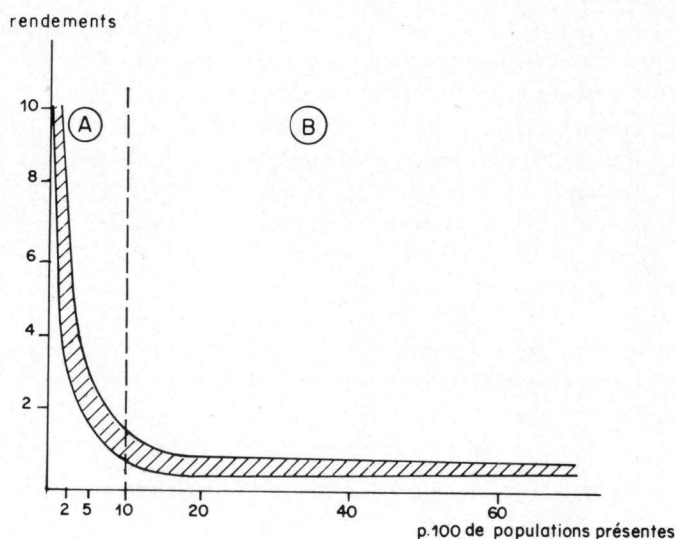


FIG. 3. — Compétition entre populations et rendements des pièges sexuels.

d'adultes sans activité de vol et les populations augmentent sans captures correspondantes.

C'est ainsi que le seuil de température pour le vol de *L. pomonella* varie de 13 à 15 °C suivant les régions (Audemard, 1976) et que le seuil physiologique de développement de cette espèce est de 10-11 °C. Pour *G. molesta*, ces températures sont respectivement de 12-13 °C et 10 °C, et pour *L. botrana* de 11-14 °C et 10 °C.

En outre, la pluie et le vent entravent le déplacement des papillons, déplacements stoppés pour le carpocapse par une hygrométrie supérieure à 73 p. 100 accompagnée de pluie intermittente (Audemard, 1976).

3.1. Action de la température.

Solomon (1977) a montré une tendance à l'accroissement des captures pour des températures maximales journalières allant de 17 à 23 °C chez *L. pomonella*.

TABLEAU 3

Rendement des pièges sexuels en fonction des températures moyennes sur des populations stables de *L. pomonella* et *G. molesta*

Espèce	p. 100 de population théorique (a)	p. 100 de captures (b)	Rendement (b/a)	Températures moyennes
<i>Grapholita molesta</i> (1975)	24,2	0,4	0,02	12° 8
	26,0	17,3	0,70	14° 8
	33,0	40,0	1,20	17° 1
<i>Laspeyresia pomonella</i> (1978)	4,1	0,6	0,15	15° 2
	5,3	4,1	0,80	16° 6

Touzeau (1969) note une augmentation du rendement des pièges sexuels chez *L. botrana* pour des températures crépusculaires s'échelonnant de 11 à 18 °C, puis une régression à partir de 19 °C.

Le tableau 3 donne deux exemples de l'influence des températures moyennes sur le rendement des pièges pour des populations stables du carpocapse des pommes et de la tordeuse orientale.

4. Utilisation du piégeage sexuel pour la modélisation.

Avec l'apparition de terminaux d'ordinateurs dans les stations, les avertissements agricoles s'orientent progressivement vers l'utilisation de modèles pour la détermination des périodes de risques concernant divers insectes ravageurs des cultures.

Aux U.S.A., dans l'état du Michigan, Riedl *et al.* (1976) ont étudié les relations existant entre les courbes de sorties cumulées d'imagos en cages d'élevage, les courbes de captures cumulées aux pièges sexuels et les courbes de pontes cumulées pour *L. pomonella*, en relation avec des sommations thermiques journalières (fig. 4).

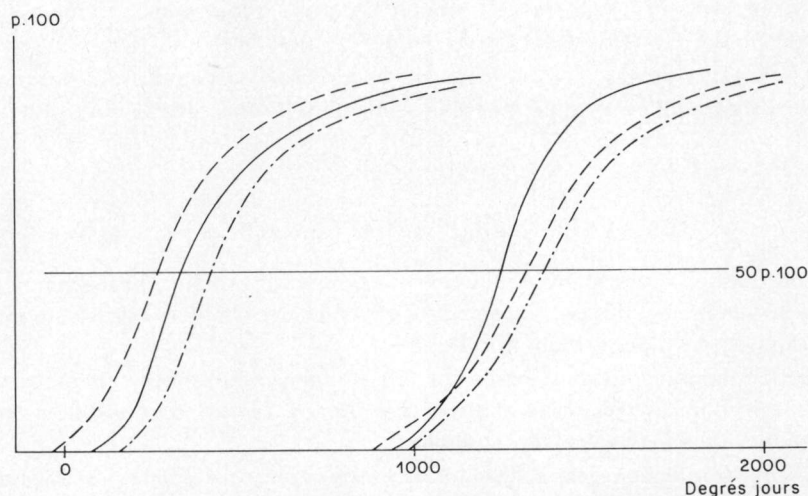


FIG. 4. — Relations entre courbes de sorties d'imagos, de captures au piège sexuel et de pontes cumulées pour les deux générations de *L. pomonella* (d'après Riedl *et al.*).

--- captures
— sorties
- - - pontes

A partir des résultats obtenus, les auteurs utilisent deux repères biologiques fixes pour le fonctionnement de leur modèle :

— *Premier repère biologique* = premières captures continues aux pièges sexuels. Les premières éclosions des œufs sont prévues 140°/jour (± 3) plus tard (températures moyennes quotidiennes supérieures à 11 °C).

— *Deuxième repère biologique* = deuxième jour de la période de 4 jours pendant laquelle sont enregistrées les plus fortes captures ; 50 p. 100 des éclosions des œufs de

la première génération sont prévues 115°/jour (± 36) plus tard, et 50 p. 100 des éclosions des œufs de la deuxième génération après 671°/jour.

En France, les premières captures continues aux pièges sexuels servent de point de départ pour le fonctionnement des modèles mis au point à Toulouse pour *L. pomonella* et *L. botrana* (Touzeau, 1978 ; Touzeau en cours de publication).

Etude critique du piégeage sexuel pour la prévision de l'importance des risques

Les avertissements agricoles, outre la prévision des périodes de risques peuvent également envisager d'apporter, au moyen du piégeage sexuel divers autres renseignements aux agriculteurs :

- des précisions sur les zones où les populations nulle ou très faibles, impliquent l'inutilité de traiter (prévision négative).
- des prévisions sur l'importance probable des populations pour chaque génération en fonction des captures (seuils de captures cumulées).
- des précisions sur les seuils de captures hebdomadaires au-dessous desquels les traitements sont inutiles, compte tenu des seuils de tolérance admis pour chaque culture.

I. — La prévision négative

La bonne sensibilité des phéromones sexuelles, mise en évidence précédemment dans l'étude du rendement des pièges, permet d'effectuer des captures dans des populations très faibles, dès l'apparition de celles-ci.

La prévision négative est donc basée sur le postulat que l'absence prolongée de captures (ou des captures très rares et dispersées dans le temps) correspond à une population nulle ou sans intérêt économique.

Si le réseau de piégeage est suffisamment dense pour représenter les diverses situations d'une petite région, on peut alors extrapoler les résultats et considérer la région comme indemne. Ceci est valable pour les espèces se multipliant surtout dans certains foyers, telle que *Lobesia botrana*, ou pour les espèces à la limite de leur aire de répartition géographique comme *Grapholita molesta*. Par contre, la prévision négative n'est valable qu'à l'échelle individuelle pour *Laspeyresia pomonella*, réparti uniformément sur l'ensemble des régions arboricoles.

Des essais concertés, en diverses régions de France, sont en cours pour déterminer les zones viticoles dans lesquelles la prévision négative concernant l'eudemis pourrait être utilisée.

II. — La prévision à court terme sur l'importance des vols

Une telle prévision n'est possible que s'il existe des relations fiables entre les captures et les populations passées, présentes et à venir au cours d'une génération.

1. Comparaisons a posteriori entre captures et populations.

1.1 Cas de *Laspeyresia pomonella*.

Les captures obtenues pour les deux générations en 1973 et 1974 (Touzeau, 1978), dans cinquante vergers, sont du même ordre de grandeur, qu'il s'agisse de vergers non traités, à forte population, ou de plantations commerciales faisant l'objet de traitements insecticides réguliers (tabl. 4).

TABLEAU 4

Captures de L. pomonella en vergers traités et non traités (premier et deuxième vols)

Années	Vergers traités		Vergers non traités	
	Captures extrêmes	Moyenne	Captures extrêmes	Moyenne
1973	27-341	209	27-488	224
1974	33-457	198	65-470	260

En 1976, dans vingt-cinq vergers du Lot-et-Garonne, on note que les captures pour le vol de la génération printanière diffèrent peu d'un verger à l'autre, alors que les populations, estimées par bandage des troncs et dénombrement des larves, varient considérablement (tabl. 5).

TABLEAU 5

Captures de L. pomonella au cours du premier vol 1976, en fonction des populations théoriques de vingt-cinq vergers

P = populations théoriques en nombre de couples/ha
C = captures

P	0 (12 vergers)	6	6	13	18	27	28	30	80	164	195	357	446	760
C	2 à 21	61	2	25	9	35	48	39	35	35	28	14	35	62

1.2. Cas de *Grapholita molesta*.

Les observations concernant les relations entre captures et populations de *G. molesta* sont encore très peu nombreuses (Besson, 1978 ; Audemard *et al.*, 1976).

Besson a essayé de mettre en évidence une relation entre captures-dégâts et population, mais ses observations, encore fragmentaires, ne revêtent qu'un caractère préliminaire.

Audemard, qui compare les captures obtenues avec des femelles vierges et celles réalisées avec des phéromones de synthèse conclut que « la variabilité dans la proportion des captures entre les deux méthodes de piégeage, même sur les données cumulées, indique que l'on rencontrera de grandes difficultés si l'on se propose d'estimer les populations d'adultes par piégeage ».

1.3. *Cas de Lobesia botrana.*

Diverses études ont été menées dans le cadre du groupe de travail « lutte intégrée en viticulture de l'O.I.L.B. * » pour mettre en évidence des relations entre les captures au cours d'un vol et les dégâts correspondants observés en fin de génération. Ce type d'observations ne présente qu'un intérêt limité pour la prévision, car le nombre de chenilles dépend non seulement des populations initiales de femelles mais également, dans une large mesure, des conditions climatologiques qui ont réglé en cours de vol l'importance des pontes. Les résultats obtenus varient suivant les années, les régions et les auteurs.

Roehrich (1978) a comparé dans trois vignobles du Bordelais en 1975, le nombre de captures au cours des deuxième et troisième vols avec les populations d'adultes préalablement estimées (tabl. 6). Il apparaît de fortes variations dans le rendement des pièges d'un vol à l'autre et d'un vignoble à l'autre, avec une tendance nette à l'augmentation du taux de captures lorsque les populations diminuent.

TABLEAU 6

Relation entre captures et populations de L. botrana dans trois vignobles du Bordelais en 1975

Deuxième vol			Troisième vol		
Populations ha	Captures	p. 100 captures	Populations ha	Captures	p. 100 captures
21 000	126	0,6	26 500	238	0,9
7 600	258	3,4	27 500	715	2,6
3 000	396	13,2	17 500	1 067	6,1

Joly (1978), au cours de lâchers expérimentaux de mâles et de femelles marqués, dans un vignoble isolé, indemne à l'origine, obtient les taux de recaptures suivants en 1976 dans la région de Toulouse :

- Premier vol : 8,1 p. 100 pour une population de quatre cent soixante-sept mâles.
- Deuxième vol : 1,5 p. 100 pour une population de mille neuf cents mâles.
- Troisième vol : 1,8 p. 100 pour une population de mille huit cent soixante-quinze mâles.

Ces résultats confirment les précédents.

2. *Facteurs influant sur la relation captures-populations.*

Divers facteurs sont susceptibles d'influer sur la relation qui s'établit entre les populations d'adultes et les captures aux pièges sexuels.

2.1. *Facteurs mettant en cause le matériel de piégeage.*

De nombreux travaux ont montré l'influence du type de piège, de l'engluage, de l'âge des capsules, de la hauteur d'installation des pièges... sur le nombre de captures.

* Organisation Internationale de Lutte Biologique.

Les comparaisons de résultats ne sont donc valables que pour des types de matériel et d'installation identiques.

2.2. Facteurs climatologiques.

L'action ponctuelle de la température a été mise en évidence dans un paragraphe précédent. A un niveau plus global, l'ensemble des facteurs climatiques d'une région influe sur l'importance des captures. Les résultats obtenus sous un type de climat ne sont pas transposables, sans précaution, pour un autre.

2.3. L'environnement des pièges.

La surface drainée par un piège n'est pas connue, mais il est certain qu'elle intéresse plusieurs hectares, certains auteurs n'hésitant pas à parler de 100 ha au moins.

Il est bien évident que la population susceptible d'être attirée par un piège sexuel dépend beaucoup de son environnement. Dans une petite parcelle, bien isolée, le piège ne peut attirer que des mâles évoluant dans cette parcelle. La population de papillons est fermée. L'importance des captures dépend donc, outre de la densité de la population indigène, de la surface, voire de la forme de la parcelle.

Dans un verger (ou un vignoble) inclus au milieu d'un ensemble de plantations, dont les surfaces peuvent être très variables, le piège sexuel attire des mâles sur une surface indéterminée, provenant des cultures voisines, sans qu'il soit possible de connaître la proportion qui revient à la population du verger lui-même. Dans ce cas, la population est ouverte et l'importance des captures dépend principalement des apports extérieurs.

En fait, il n'existe pratiquement pas deux situations semblables.

Dans le tableau 5, on note que pour douze vergers théoriquement indemnes de carpocapse, on a capturé deux à vingt-et-un mâles ; dans deux autres vergers, dont les populations étaient toutes deux estimées à 6 couples/ha, les captures se sont élevées dans un cas à soixante et un mâles, et dans l'autre à deux. On relève également dans ce tableau des captures de trente-cinq mâles dans deux vergers, le premier dont la population est de 27 couples/ha, et le second avec une population de 446 couples/ha.

Sur Eudemis, Schmid (1977) a fait des observations du même genre (tabl. 7).

TABLEAU 7

Captures de L. botrana aux pièges sexuels suivant l'environnement des parcelles

Environnement	Surface de la parcelle	Population estimée de ♂	p. 100 de la population capturée
Parcelle isolée	3 000 m ²	79	12 p. 100
— —	4 500 m ²	82	2 p. 100
Parcelle à 100 m de vignobles voisins	2 500 m ²	417	70 p. 100
Parcelle non isolée	800 m ²	226	450 p. 100
— — —	700 m ²	494	270 p. 100

2.4. La densité des populations.

De nombreuses études ont montré que la proportion de mâles capturés varie en fonction de la densité des populations.

Pour *L. pomonella*, les résultats des observations faites en 1976 dans le Lot-et-Garonne confirment que le pourcentage de population capturée diminue lorsque la densité des populations augmente, jusqu'à un palier d'environ 300-500 couples/ha, puis devient constante (fig. 5).

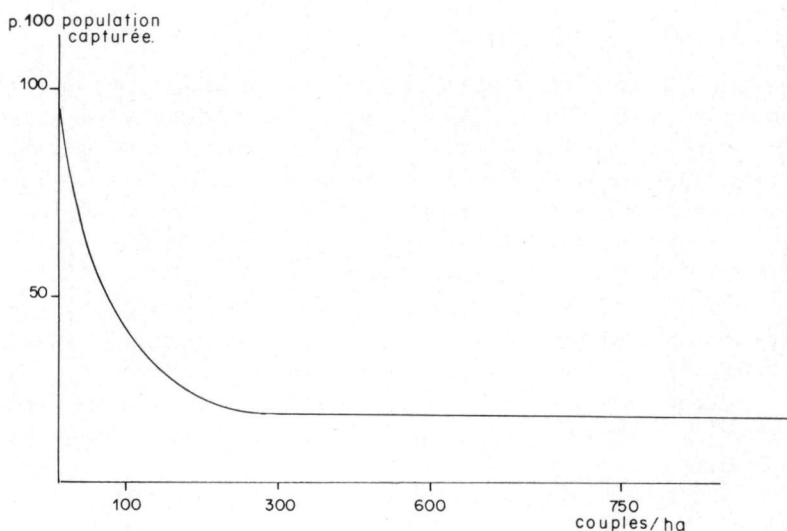


FIG. 5. — p. 100 de mâles capturés en fonction de la densité des populations de *L. pomonella*

3. Les seuils de captures cumulées.

L'idée de base est que l'importance des premières captures constitue une indication intéressante sur l'importance des captures futures. Aussi, différents auteurs n'ont pas hésité, malgré les incertitudes concernant l'interprétation des captures, à proposer, à titre indicatif et pour leur région seulement, des seuils de captures cumulées permettant de moduler les conseils de traitement. Les périodes de référence pour les captures se situent évidemment en début de vol.

Pour les vignobles du Médoc, Touzeau (1976) a estimé, pour *L. botrana*, que le seuil de tolérance d'une chenille par grappe en première génération n'était atteint que si les captures cumulées au piège sexuel, en vignoble continu (parcelles non isolées), atteignaient six cents mâles au cours de la première semaine de piégeage. Par contre, Joly (1978) constate que le seuil de tolérance est dépassé en vignoble isolé, pour des captures cumulées de trente-huit mâles. Ces deux exemples montrent la prudence avec laquelle il convient de fixer les seuils.

Schmid (1979) conseille de différer le traitement contre la première génération d'eudemis en Suisse romande, tant que les captures cumulées n'atteignent pas deux cents mâles.

Sur le premier vol de *L. pomonella*, Charmillot et Fiaux (1975) ont établi pour la

Suisse romande des seuils de captures cumulées au moment où la somme des températures moyennes quotidiennes depuis le 1^{er} janvier atteint 250°/jour.

- Pour des captures inférieures à 20 : pas de traitement en première génération.
- Pour des captures comprises entre 21 et 50 : un traitement.
- Pour des captures supérieures à 50 : deux traitements.

En Afrique du Sud, sur carpocapse des pommes également, Madsen *et al.* (1974) indiquent un seuil de captures cumulées de dix mâles pour justifier un traitement, quelle que soit la génération.

Ce type de seuils de captures est à utiliser avec précaution et doit être étudié par région de production et par type de culture, suivant les seuils de tolérance admis localement. Les Stations d'Avertissements Agricoles hésitent à s'engager trop avant dans cette voie en raison des incertitudes qui entourent la fixation de tels seuils.

4. Les seuils de captures hebdomadaires.

Dès l'apparition des phéromones de synthèse, les chercheurs de divers pays ont pensé utiliser en lutte intégrée des seuils de captures hebdomadaires pour moduler les traitements individuels, parcelle par parcelle, en fonction du risque immédiat. Cette utilisation du piégeage sexuel sort du cadre des avertissements agricoles proprement dits, et il appartient alors à chacun de suivre les captures dans ses propres cultures.

Les travaux, dans ce domaine, intéressent presque exclusivement *L. pomonella*. A titre indicatif, les principaux seuils de captures hebdomadaires actuellement proposés, à partir desquels un traitement insecticide est conseillé, sont les suivants :

- Deux captures par semaine aux U.S.A. (Madsen et Vakenti, 1973).
- Deux captures par semaine pendant 2 semaines en Afrique du Sud (Madsen *et al.*, 1974).
- Trois captures par semaine dans le sud de la France pour 1 piège/ha (Audemard, 1979). Le seuil est porté à 4 pour 1 piège pour 2 ha, à 5 pour 1 piège pour 3 ha et à 6 pour 1 piège pour 4 ha. Ces seuils sont doublés pour les vergers situés au nord de la Loire ou en altitude.
- Cinq captures par semaine pendant 2 semaines pour le premier vol en Angleterre (Cranham, 1977).
- Dix captures par semaine en Suisse romande (Bolay *et al.*, 1979).

Conclusions

1. Le piégeage sexuel apporte des améliorations sensibles par rapport aux anciennes méthodes de piégeage. En particulier, la sélectivité des capsules permet à des agriculteurs-piégeurs non spécialistes de faire parvenir aux Stations d'Avertissements Agricoles des relevés fiables de captures ; une seule exception, pour la phéromone de *G. molesta* qui capture également le carpocapse des prunes, *L. funebrana*. Ces deux espèces étant difficiles à différencier, les courbes de captures obtenues dans le sud-ouest de la France où voisinent pêcheurs et pruniers, sont sujettes à quelques incertitudes.

2. La prévision des périodes de risques par l'interprétation directe des captures quotidiennes est en général difficile, en raison des nombreux facteurs qui influent sur l'attractivité des capsules de phéromones sexuelles.

3. Pour les insectes à populations relativement élevées, telles que *L. botrana* ou *G. molesta*, il est possible, à partir des captures hebdomadaires ou pentadaires cumulées, de situer les grandes lignes de l'évolution des populations d'adultes par génération. Ceci est d'autant plus facile que les générations sont bien séparées, ce qui est le cas de l'eudemis de la vigne. Par contre, les chevauchements de vols de générations différentes, fréquents chez la tordeuse orientale du pêcher, rendent assez difficile l'interprétation des captures hebdomadaires.

4. Pour *L. pomonella*, espèce à densité de population basse, en particulier dans les vergers normalement entretenus, il n'est pas prudent de vouloir reproduire l'évolution des adultes à partir des résultats du piégeage sexuel. L'influence prépondérante, mais variable, de la compétition entre capsules de phéromones et femelles indigènes perturbe notablement le rendement des pièges à ces bas niveaux de population.

5. En fait, l'apport principal des phéromones sexuelles de synthèse pour la prévision des périodes de risques, réside dans leur extrême sensibilité qui permet des captures très précoces, à des densités de populations extrêmement faibles, dès l'apparition des premiers mâles dans les cultures. Ceci permet de mettre en évidence des différences insoupçonnées de précocité entre microclimats.

6. Les dates des premières captures constituent sans aucun doute l'indication du début des vols. Ce renseignement précieux peut servir de point biologique de départ pour le fonctionnement des modèles mathématiques, au fur et à mesure de l'évolution des phénomènes climatologiques.

7. Le piégeage sexuel permet également, pour les espèces se multipliant par foyers, comme l'eudemis de la vigne, de délimiter les zones dans lesquelles l'insecte est absent ou à un niveau si bas qu'il ne présente pas de danger d'ordre économique. Une surveillance constante au moyen d'un réseau de pièges assez dense peut donner ainsi une prévision négative des risques dans certaines régions.

8. La prévision de l'importance des risques à partir de seuils cumulés de captures en début de vol est pratiquée dans certains pays. En France, les responsables des Stations d'Avertissements Agricoles estiment que trop de facteurs interviennent pour moduler l'importance des captures et que le nombre de papillons capturés ne revêt pas une signification fiable. Ce type de seuils n'est donc pas utilisé.

9. L'estimation du risque immédiat au moyen de seuils de captures hebdomadaires est intéressant pour l'organisation de la lutte à titre individuel, mais n'entre pas dans le domaine des prévisions ou des avertissements agricoles proprement dits. Les stations françaises se contentent de les indiquer à leurs abonnés, à titre d'information, lorsqu'ils ont été vérifiés localement.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Use of sexual trapping for agricultural warning stations and anticipation of the risks thus brought about

Since 1972, agricultural warning services have taken advantage of sexual-trapping processes involving synthetic sexual pheromones which supersede traps making use of food, light or colours. This refers chiefly to : *Laspeyresia pomonella* L., *Grapholita molesta* Busck., *Lobesia botrana* Schiff., *Laspeyresia funebrana* Tr., *Eupoecilia ambiguella* Bb. A critical evaluation of the results achieved by

the first three of these, as regards anticipating the risky periods and their scope, shows that substantial progress has been made when compared with the former trapping methods.

Références bibliographiques

- AUDEMARD H., 1976. Etude démoécologique du carpocapse en vergers de pommiers de la basse vallée du Rhône (Thèse Univ. Tours).
- AUDEMARD H., 1979. Note sur l'utilisation du piégeage sexuel du carpocapse des pommes et des poires. *A.C.T.A. Note inf. L. I.*, **28**, 23-27.
- AUDEMARD H., MILAIRE H. G., 1975. Le piégeage du carpocapse (*L. pomonella*) avec une phéromone sexuelle de synthèse. Premiers résultats utilisables pour l'estimation des populations et la conduite de la lutte. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **7**, 61-80.
- AUDEMARD H. et al., 1976. Etude comparée du piégeage de la tordeuse orientale du pêcher avec des femelles vierges et avec une phéromone sexuelle de synthèse. *Rev. Zool. agr. path. vég.*, **4**, 117-126.
- BESSON J., 1978. Evolution en France de la tordeuse orientale du pêcher en 1978. Rap. interne minist. Agr.
- BESSON J., COSTE H., JOLY E., 1974. Résultats du piégeage de *Grapholita molesta* en 1973 à l'aide de phéromones sexuelles. *Lutte intégrée-Obs. et trav. réalisés en 1973*, **4**, 4-16.
- BIWER G., 1976. Spécificité de l'acétoxy-1-dodécène 8-Z (Z-8-DDA) vis-à-vis de *Grapholita molesta*, de *Grapholita funebrana* et de quelques tordeuses des vergers. *C. R. réunion phéromones sexuelles Bordeaux I.N.R.A.*
- BOLAY A. et al., 1979. La lutte antiparasitaire en arboriculture fruitière *Rev. suisse vit. arb. hort.*, **11**, 21-26.
- BOUE H., 1978. Observations en vue de réaliser un aménagement de la lutte contre le carpocapse *L. pomonella* en Lot-et-Garonne en 1976. *Avert. Agric. et lutte intégr. Obs. et trav. réalisés en 1976 et 1977*, **7**, 83-90.
- CHARMILLOT P. J., FIAUX G., 1975. Moyens d'avertissement dans la lutte dirigée contre le carpocapse *L. pomonella*. *Rev. suisse vit. arb. hort.*, **7**, 91-98.
- CRANHAM J. E., 1977. Monitoring codling moth *L. pomonella* with pheromone traps (communication groupe de travail O.I.L.B. Heidelberg).
- JOLY E., 1978. Observations sur les relations entre captures, populations et dégâts de l'eudemis de la vigne dans la région de Toulouse en 1976. *Avertis. agr. et lutte intégr. Obs. et trav. réalisés en 1976 et 1977*, **7**, 77-82.
- MADSEN H. S., VAKENTI J. M., 1973. Codling moth-Use of codlemone baited traps and visual detection of entries to determine need of sprays *Environm. entomol.*, **2**, 677-679.
- MADSEN H. S. et al., 1974. Codling moth. Correlation of male sex attractant trap captures and injured fruit in south african apple and pear orchards. *Phytophylactica*, **6**, 185-188.
- MILAIRE H. G., 1976. Emploi des phéromones sexuelles de synthèse pour le piégeage dans la lutte intégrée des vergers. *Déf. vég.*, **177**, 2-16.
- RIEDL H., CROFT B. A., HOWITT A. J., 1976. Forecasting codling moth phenology based on pheromone traps catches and physiological-time models. *Can. Entomol.*, **108**, 449-460.
- ROEHRICH R., 1978. Compte rendu de la réunion du sous-groupe de travail O.I.L.B. « Tordeuses de la grappe », Sarragosse.
- SCHMID A., 1978. Rapport vers de la grappe en Suisse romande. Communication réunion O.I.L.B., Sarragosse.
- SCHMID A., 1979. Rapport vers de la grappe en Suisse romande (communication réunion O.I.L.B., Beaune).
- SOLOMON M. E., 1977. Analysing the influence of temperature on pheromone trap catches of codling moth. Communication groupe de travail O.I.L.B., Heidelberg.
- TOUZEAU J., 1969. Piégeage sexuel et piégeage alimentaire de l'eudemis de la vigne *L. botrana*. *Phytoma*, **212**, 9-19.
- TOUZEAU J., 1973. Le piégeage sexuel des Tortricides avec des phéromones de synthèse. Premières observations concernant *L. pomonella*, *L. funebrana* et *G. molesta*. *Lutte intégrée. Obs. et trav. réalisés en 1972*, **2**, 48-60.
- TOUZEAU J., 1976. Observations sur le piégeage de l'eudemis de la vigne, *L. botrana*, à l'aide de capsules de phéromones sexuelles de synthèse en 1975. *Lutte intégrée. Obs. et trav. réalisés en 1975*, **6**, 25-37.
- TOUZEAU J., 1978. Etude des principaux paramètres biotiques et abiotiques nécessaires à l'établissement d'un modèle d'évolution du carpocapse des pommes, *L. pomonella*, pour la région Midi-Pyrénées. *Avert. Agr. et lutte intégrée. Obs. et trav. réalisés en 1976 et 1977*, **7**, 5-26.
- TOUZEAU J., 1978. L'utilisation du piégeage sexuel dans les avertissements agricoles en France. *Avert. agr. et lutte intégrée. Obs. et trav., réalisés en 1976 et 1977*, **7**, 61-76.

Le piégeage du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol dans la lutte raisonnée en verger de pommiers en France

H. AUDEMARD

Station de Zoologie, Centre de Recherches d'Avignon, I.N.R.A.,
84140 Montfavet

Résumé

Les relations entre l'abondance des captures de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) aux pièges, appâtés avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol, et les risques d'attaques en verger de pommiers sont examinées. L'analyse des principaux facteurs en cause est effectuée à partir de résultats originaux, notamment ceux relatifs aux possibilités d'estimation des populations, et des données bibliographiques. Cela a permis de définir les conditions de piégeage et les limites de cette méthode.

L'utilisation pratique du piégeage sexuel doit être envisagée en relation avec les stratégies de lutte chimique raisonnée applicables contre le Carpocapse en verger de pommiers. La lutte basée sur la prévision locale et ponctuelle du risque par le seul piégeage sexuel, qui conduit à ne couvrir que les périodes de plus grands risques, a été expérimentée. Elle repose sur le principe de la prévision négative améliorée par l'utilisation de seuils de captures et la prise en compte de l'influence des conditions climatiques sur le déroulement de la reproduction du Carpocapse. Ces seuils de captures sont différents selon la superficie couverte par un piège et les régions françaises.

Les résultats obtenus sont aussi bons sur le plan de la protection de la récolte que ceux découlant d'une stratégie de régulation de la population appliquée sur une des deux générations annuelles. Mais le nombre de traitements est en moyenne plus élevé. Dans les situations où l'attraction d'adultes extérieurs au verger est importante cela condamne l'emploi de la méthode pour la prévision du risque.

1. — Introduction

Dans le cadre de la lutte raisonnée en verger de pommiers un ensemble de méthodes d'observations et d'échantillonnages sont utilisés pour la surveillance de l'évolution et la prévision du risque d'attaques de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.).

Il semble que la place qu'occupe dans cet ensemble le piégeage avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol, n'est pas à la mesure des abondants travaux qui lui ont été consacrés, depuis sa première utilisation en France en 1972.

Cela tient autant aux problèmes de développement et de commercialisation du matériel nécessaire, qu'aux possibilités et limites de cette méthode que nous nous proposons d'examiner dans cette note.

2. — Bases de la lutte chimique raisonnée

Pour comprendre le rôle que peut jouer le piégeage sexuel du Carpocapse dans la lutte chimique raisonnée, il est indispensable d'exposer préalablement les bases de cette dernière. La lutte raisonnée appelée aussi lutte dirigée a été définie de la manière suivante (adapté de Baggiolini par Milaire, 1978) « Phase d'approche de la lutte ou protection intégrée consistant en un aménagement progressif des procédés chimiques de lutte se référant au seuil de tolérance et à un choix des pesticides pour ce qui concerne plus spécialement leur absence d'effets indésirables ». Cette lutte est organisée au niveau de l'unité culturale (A.C.T.A., 1977).

La lutte chimique contre le Carpocapse vise surtout les jeunes larves écloses lors de leur phase de recherche du fruit. Les périodes d'éclosion des œufs constituent donc les périodes de risques d'attaques. L'action des insecticides utilisés alors est généralement considérée comme accessoire sur les œufs. L'emploi de diflubenzuron est un cas particulier car l'action ovicide ne s'exerce que lorsque les œufs sont pondus sur le substrat traité (La Quinoléine non daté), ce qui entraîne alors un ajustement des périodes de risques aux périodes de ponte.

Dans le cadre de la lutte raisonnée, les informations recueillies au niveau de l'unité culturale et exploitées pour la prévision du risque d'attaques du Carpocapse sont d'ordre qualitatif (comme pour les avertissements agricoles), mais aussi quantitatif.

La lutte chimique raisonnée est conduite en fonction : de l'intensité du risque, de l'insecticide choisi, d'une stratégie d'application. On peut distinguer dans le cas du Carpocapse 2 types de stratégies d'application, qui peuvent d'ailleurs se combiner (Audemard, 1974-1975) :

a) La couverture des périodes de plus grand risque. Le déroulement de la lutte, qui concerne souvent toutes les générations, dépend d'une prévision ponctuelle du risque.

b) La régulation de la population par une lutte obligatoire, plus ou moins intensive, dirigée contre une seule des deux générations annuelles. L'autre génération n'est combattue que si le niveau de la population de Carpocapse le justifie ; c'est l'objet de la prévision du risque à moyen terme.

Le deuxième groupe marque un progrès car l'efficacité de la lutte sur la population étant meilleure, cela se traduit par une diminution du nombre de traitements. Sa mise en œuvre nécessite en contre-partie l'utilisation de méthodes de contrôle plus diversifiées et plus élaborées ce qui peut, dans un premier temps, rebuter les arboriculteurs.

Les méthodes qui concourent à la prévision du risque d'attaques de Carpocapse procurent des informations quantitatives liées au niveau de la population. Ces méthodes sont (Audemard, 1974, 1976) : le contrôle visuel des fruits, le piégeage des larves âgées dans les bandes pièges complété par la méthode dite des « cagettes », le piégeage sexuel des adultes mâles.

Mais le danger que représente la population de Carpocapse pour la récolte d'un verger dépend de plusieurs facteurs :

a) la densité de la population indigène et de celle pouvant provenir de l'extérieur du verger ;

- b) l'activité et l'évolution de cette population qui est fonction du stade échantillonné et des facteurs climatiques ;
- c) la charge des arbres en fruits qui fait varier l'importance relative des attaques ;
- d) le seuil de tolérance économique retenu, qui est habituellement de 2 p. 100 de fruits attaqués par le Carpopapse à la récolte.

Il en découle que la seule appréciation du niveau de la population n'est pas suffisante et qu'elle doit être complétée pour la prévision du risque, par une estimation de la récolte et par des informations d'ordre climatique. La méthode de contrôle visuel des fruits est pour le moment la seule qui procure une prévision directement et immédiatement utilisable. Par contre elle demande un gros travail par suite de la multiplication des relevés et ne fournit pas toujours la prévision avec suffisamment d'avance (Charmillot et *al.*, 1976 ; Audemard, 1976).

3. — Relations entre les captures au piège sexuel et le risque d'attaques

3.1. — Principaux facteurs influant sur les captures de Carpopapse au piège sexuel.

L'originalité du piégeage du Carpopapse adulte avec le E-8, E-10 DDol (que nous appellerons « phéromone sexuelle de synthèse » dans le texte, de même que nous nommerons le piège appâté avec cette phéromone « piège sexuel ») réside dans : la nature de l'appât, sa grande efficacité, sa bonne spécificité et le fait que seuls les mâles sont capturés.

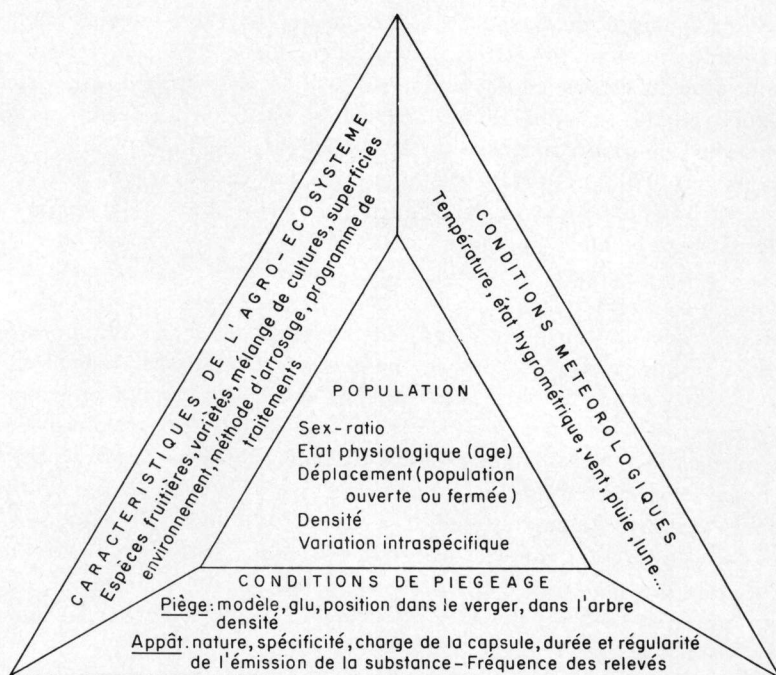


FIG. 1. — Facteurs influant sur les Captures de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) au piège sexuel.

De nombreux facteurs influent sur le niveau des captures de *Carpocapse* au piège à phéromone sexuelle de synthèse. Ils peuvent être classés en 4 groupes (figure 1) relatifs à :

- a) la population,
- b) les conditions de piégeage,
- c) les caractéristiques des agro-écosystèmes vergers de pommiers,
- d) les conditions climatiques.

Ces facteurs présentent évidemment des interactions. Il n'est pas dans notre propos de les analyser d'une manière exhaustive, mais plutôt d'appréhender l'influence des facteurs qui paraissent exercer l'action la plus déterminante sur le rendement et la fidélité des pièges. Cela dans le but de mieux définir les conditions de fonctionnement des pièges sexuels et d'interpréter convenablement les résultats du piégeage dans une optique de prévision du risque.

Toutes choses étant égales par ailleurs, nous avons relevé l'importance des facteurs suivants : la densité de la population d'adultes, le déplacement des adultes, le sex ratio, la densité des pièges, le modèle de piège, les conditions climatiques.

3.11. *Influence de facteurs relatifs à la population (densité, sex-ratio, déplacement).*

Le rendement du piégeage sexuel dans un verger au cours d'une période déterminée (comme un vol ou une saison) peut être défini comme : la proportion totale d'adultes capturés (dans un ou plusieurs pièges) durant cette période par rapport à la population d'adultes estimée par une autre méthode. C'est un rendement moyen qui intègre la variabilité au cours de cette période (Charmillot, 1977a, b). Lorsque le niveau de la population de *Carpocapse* d'un verger est élevé le rendement du piégeage sexuel diminue par comparaison avec le rendement dans un verger à niveau de population bas. Cela est dû probablement à la compétition exercée vis-à-vis des pièges sexuels par les femelles du verger (Audemard, 1976). Les relations captures-taux d'infestation ne sont alors plus valables (Riedl et Croft, 1974).

Dans les vergers de pommiers exploités à des fins commerciales le niveau de la population est habituellement faible et fluctue d'une manière relativement limitée. La densité de la population ne devrait donc pas avoir globalement un grand effet sur les résultats du piégeage. C'est dans cette situation qu'il faut spécialement examiner l'influence des divers facteurs sur les captures au piège sexuel.

L'absence totale de concurrence par les femelles au début des vols, en raison de la protandrie, se traduit par des captures au piège sexuel anormalement élevées la première semaine (Audemard et Milaire, 1973-1975 ; Charmillot et Fiaux, 1975). Selon les observations de Riedl *et al.* (1976) par la suite le sex-ratio mâles/femelles serait toujours en faveur des femelles et il n'y aurait pas de protandrie pour le deuxième vol. Ce dernier point est infirmé par Hagley (1973). Nous avons constaté que l'évolution des éclosions d'adultes étant très rapide au moment du deuxième vol, les anomalies dans l'allure des captures dues à la protandrie sont alors rares. La probabilité de réponse des mâles au piège sexuel s'accroît durant les trois premiers jours de leur vie puis reste stable (Buda et Skirkevicius, 1976). Il en découle un certain délai entre la sortie des mâles et leur capture.

Si la population du verger est ouverte (Audemard 1976), c'est-à-dire si elle reçoit des adultes en provenance de l'extérieur (autres vergers, hangar de stockage des

caisses de récolte...), les résultats du piégeage sexuel pourront être gravement perturbés. Il s'agit là d'un facteur qui est aussi dépendant des caractéristiques de l'agro-écosystème. Il serait très imprudent de supposer, comme le font Westigard et Graves (1976) que les mâles qui arrivent dans le verger sont accompagnés d'un nombre équivalent de femelles. Des déplacements de mâles attirés par le piège sexuel et non accompagnés de femelles ont été observés dans le Cher, rendant vaine toute interprétation des résultats (Marcon et Audemard, 1978).

Cet inconvénient est très atténué lorsqu'on place des pièges sexuels dans les vergers contigus au verger dans lequel est effectué le piégeage (Vakenti et Madsen, 1976), mais cela n'est pas toujours possible.

3.12. *Influence de la densité des pièges.*

En estimant la population d'adultes par la méthode des bandes-pièges et des cagettes (corrigée par la mortalité), nous avons mis en évidence que le rendement du piégeage sexuel au niveau d'un vol est fortement influencé par la densité des pièges (Audemard et Milaire, 1973-1975 ; Audemard, 1976). La même constatation a été faite par Charmillot (1977a, b) qui a d'abord constitué dans le verger en éclosoir une population de larves diapausantes marquées, puis contrôlé les sorties d'adultes de ces éclosirs, ce qui permettait de connaître réellement la population. En opérant par la méthode des lâchers captures Causse (1977-1978) a aussi obtenu un rendement des pièges sexuels différent selon leur densité.

Comme le rendement des pièges varie au cours de la saison il serait très intéressant, pour en minimiser les effets sur la prévision des estimations de population par le piégeage sexuel, de parvenir à un rendement élevé supérieur à 60-70 p. 100. Cet objectif peut être atteint avec un nombre de pièges par hectare relativement important : 4-5 (Audemard, 1976) ; 5 (Madsen *et al.*, 1976) ; 8 (Charmillot, 1977 a, b). Ces nombres sont incompatibles avec une utilisation pratique et économique.

Mais si le rendement du piégeage tend à augmenter dans sa globalité avec le nombre de pièges (jusqu'à une certaine limite), le rendement moyen par piège tend corrélativement à baisser en raison des interactions. Ces interactions freinent d'ailleurs l'augmentation du rendement au-delà de cinq pièges (Audemard, 1976 ; Charmillot, 1977b).

Riedl et Croft (1974) ont mis en évidence que l'attraction d'un piège sexuel atteint au moins 9 ha. Nous avons comparé le rendement relatif de deux densités de pièges sexuels sur le même verger par la méthode dite de « l'occultation » (Audemard, 1976). Cette méthode consiste à faire fonctionner de manière alternée à chaque relevé (tri-hebdomadaire) les pièges relatifs à chaque densité. Deux pièges sur 2 ha (densité 1 piège/ha) ne capturent durant les deux vols de Carpopapse que 1,37 fois plus en moyenne sur le verger (coefficient de variation 2 p. 100) qu'un piège (densité 0,5 pièges/ha). Le même essai effectué sur 4 ha a donné pour les deux vergers observés 1,52 et 1,82 fois plus de captures seulement avec quatre pièges (densité 1 piège/ha) qu'avec 1 piège (densité 0,25 piège/ha). Ces résultats confirment donc l'importance de la superficie couverte par un piège sexuel. Mais selon Charmillot (1977a et b et communication personnelle) le rendement d'un piège unique qui, dans les conditions de la Suisse romande, est de 48 p. 100 sur 1 ha ne diminue à 37,9 p. 100 qu'au-delà de 3,2 ha et jusqu'à 10,6 ha. Il semble donc que nous avons mesuré dans nos essais d'occultation

surtout l'effet d'interaction des pièges multiples. Pour éviter cet effet et les difficultés d'interprétation qui en résultent il faut disposer un seul piège par verger. Cependant comme au-delà de 3,2 ha le délai entre la sortie des adultes et leur capture s'allonge très sensiblement (Charmillot, communication personnelle) il est souhaitable de limiter la superficie concernée par le piège à 4 ha.

La comparaison des résultats du piégeage de différents vergers ne peut être valablement effectuée qu'en tenant compte de la densité des pièges.

3.13. Influence du modèle de piège.

Six types de pièges sexuels ont fait, à notre connaissance, l'objet d'essais dans le monde pour le Carpocapse, sous des versions différentes d'ailleurs. Ce sont :

- le piège « cylindrique » recommandé par l'OILB/SROP et initialement décrit par Granges *et al.* (1969-1970) ;

- le « Pherotrap 1c » (nommé maintenant Pherocon 1c ; marque de Zoecon Corporation) dérivé du modèle mis au point par Howell (1972) ;

- le « Sectar 1 » (fabriqué par 3M Company) et décrit par Roelofs et Comeau (1970).

- le « UC pheromone trap » de Batiste et Joos (1972) ;

- le piège « triangulaire » (breveté par l'INRA) décrit par Stockel (1976) et voisin du « delta trap » des anglais (Cranham, communication personnelle) ;

- le piège « assiettes » de Touzeau (1975).

Le critère considéré longtemps comme le plus important et qui a servi à classer les pièges dans les essais est la « performance du modèle » (nombre de captures le plus élevé). On s'attache plutôt maintenant à l'aspect « fidélité », c'est-à-dire la bonne représentation de l'allure des vols.

Les résultats d'essais de modèles sont très souvent différents selon les régions, les versions expérimentées et les auteurs. Cette variabilité peut être en partie expliquée par la nature des dispositifs d'essais. Le facteur « emplacement du piège » joue un rôle important, il peut être neutralisé par la rotation des modèles entre emplacements et la répétition au sein d'un même verger (Charmillot, *et al.*, 1975). Cependant les interactions posent la question fondamentale : en l'absence de compétition entre modèles quel aurait été le rendement ? Pour surmonter cette difficulté nous avons utilisé la méthode « d'occultation » (cf. 3.12). Mais la comparaison est limitée alors à deux modèles et lorsque les captures sont très peu nombreuses les résultats peuvent être biaisés par une seule période de relativement fortes captures.

Les Canadiens considèrent le « Sectar » comme le plus performant (Paradis, communication personnelle) ; il est aussi préféré par Riedl et Croft (1976). Les Suisses restent fidèles au modèle « cylindrique » (dit standard OILB à déflecteurs horizontaux) qui a donné les meilleurs résultats dans ce pays (Charmillot *et al.*, 1975 ; Charmillot, 1977a). Le Pherotrap 1c nous a fourni de bonnes performances, sans se classer régulièrement en tête (Audemard et Milaire, 1973-1975 ; Audemard *et al.*, 1977a). Il semble que ce modèle ait bénéficié dans le monde d'une large diffusion. On le retrouve donc très utilisé aux Etats-Unis (Moffitt, communication personnelle ; Westigard et Graves, 1976), en Angleterre (Solomon *et al.*, 1975 ; Cranham, 1977-1978), en Italie (Formigi *et al.*, 1977) en Espagne (Esteban, communication personnelle).

Les problèmes de distribution du matériel de piégeage nous conduisent maintenant à employer en France : soit le modèle breveté par « l'I.N.R.A. » volets fermés modifié par l'adjonction de déflecteurs horizontaux, qui donne des résultats assez voisins de ceux du « Pherotrap 1c » (Audemard, Martouret, Goujet, données non publiées) soit les « assiettes ».

L'architecture générale de beaucoup de ces types de pièges sexuels présente des analogies : une cuvette à la partie inférieure du piège, l'existence de déflecteurs ou la déflexion par la forme du toit. Tout cela pourrait faciliter la concentration de la phéromone et assurer sa diffusion plus régulière.

3.14. Influence des conditions climatiques.

Aux températures inférieures ou égales à $+15^{\circ}\text{C}$ défavorables à l'activité des adultes correspondent des captures au piège sexuel nulles ou extrêmement réduites (Audemard et Milaire, 1973-1975). Selon Batiste *et al.* (1973) l'activité de vol du Carpopapse se situerait de 3 heures avant le coucher du soleil à 2 heures après environ, si le vol n'est pas entravé par des facteurs limitants : pluie forte, vent violent ou températures basses ou trop élevées. En été ces dernières retarderaient le début de l'activité de vol jusqu'au crépuscule.

L'absence de capture au piège sexuel due aux températures crépusculaires défavorables au vol explique certaines anomalies relevées dans les courbes de captures (Audemard et Milaire, 1973-1975).

Durant les périodes froides le délai entre la sortie des adultes mâles et leur capture s'allonge sans affecter beaucoup le rendement final (Charmillot, 1977-1978).

3.2. — Définition des conditions de piégeage

L'analyse des facteurs influant sur les captures de Carpopapse au piège sexuel a permis d'améliorer la conduite du piégeage dans le sens d'une certaine standardisation des conditions (si on excepte le modèle de piège), et d'une exploitation plus fiable des résultats.

Selon les recommandations du « Groupe de travail Carpopapse » de l'OILB/SROP, on utilise pour la lutte raisonnée un seul piège par unité culturale jusqu'à 4 ha et pour les vergers de superficie plus grande un piège par 4 ha. Le piège est placé au centre du verger et suspendu à une branche d'arbre à hauteur des yeux, une semaine avant la date présumée du début des captures. Lorsqu'il y a plusieurs pièges ils sont disposés selon un axe perpendiculaire au vent dominant.

Le piège est appâté avec une capsule de caoutchouc, chargée de 1 mg de phéromone de synthèse posée sur le fond englué. Cette capsule est renouvelée toutes les 6 à 7 semaines. Le fond englué est changé à l'issue du premier vol.

Les relevés ont lieu trois fois par semaine. Pour les interprétations quantitatives pratiques ce sont les captures de trois relevés successifs, soit une semaine, qui sont considérées. Ce cumul des données atténue sensiblement l'effet des variations provoquées par les conditions climatiques.

Les résultats exposés par la suite dans cette note ont été obtenus avec le modèle de piège « Pherocon 1c trap ». A partir de 1979 c'est le piège modèle « INRA » le seul disponible sur le marché qui devra être utilisé.

3.3. — Estimation des populations par le piégeage

Le nombre de pièges étant fixé à 1 par unité culturale nous avons cherché à déterminer le rendement du piégeage sexuel dans ces conditions. La population correspondante à chaque vol est estimée par la méthode des bandes-pièges et des cagettes (cf. 3.11, 3.12) (Audemard, 1976).

La variation du rendement est très importante (tabl. 1). Deux facteurs ont faussé certaines estimations :

- les populations extrêmement faibles qui ne peuvent pas être convenablement échantillonnées par la méthode des bandes-pièges. Tel est le cas pour le premier vol du verger A4 1977 et pour le deuxième vol des vergers A4 et A6 1978. Le dépassement du rendement 100 marque bien l'in vraisemblance du résultat ;

- les arrivées d'adultes de vergers contigus très infestés et ne comportant pas de piégeage sexuel. C'est ce qui s'est passé pour le premier vol en A4 et A6 1978.

Si on écarte ces résultats de l'analyse on constate que un piège (modèle Pherocon 1c trap) sur une unité culturale de 1 ha environ capture entre 30 et 50 p. 100 de la population. La moyenne est de l'ordre de 37 p. 100, si on exclut le résultat de 1976. Ce chiffre n'est pas très éloigné des 44,3 p. 100 et 48 p. 100 obtenus par Charmillot (1977b) (cf. 3.12) avec un piège standard OILB, dans des conditions écologiques différentes. Si nous admettons qu'il y aura presque toujours quelques arrivées extérieures d'adultes mâles et que ces derniers ne seront probablement pas accompagnés d'un nombre équivalent de femelles le piégeage sexuel conduira à surestimer la population. Le nombre de résultats exploitables que nous avons pour un piège placé sur des superficies supérieures à 1 ha est insuffisant pour en tirer même une indication.

Pour apprécier les variations du rendement du piégeage sexuel lors d'estimations ponctuelles de la population (sur de courtes périodes), nous ne disposons que des nombreux essais de lâchers-captures d'adultes marqués publiés parmi lesquels nous citerons (Bulyginskaya et Bogdanova, 1971 ; Coutin, 1975 ; Howell, 1974 ; Mani *et al.*, 1975 ; Moffitt, 1975 ; Proverbs *et al.*, 1973 ; White et Hutt, 1975). Malheureusement dans la plupart des cas il s'agit d'adultes d'élevage et les effectifs lâchés sont très importants, sans commune mesure avec les populations des vergers commerciaux. Causse (1977-1978) après avoir rigoureusement défini les conditions optimales des lâchers a utilisé des effectifs d'adultes analogues à ceux des vergers commerciaux. Le rendement de sept pièges sur 2 ha s'est situé, selon les essais, entre 18,6 et 33,9 p. 100 pour des adultes collectés à l'état de larves dans le verger. Ces chiffres paraissent faibles comparés à ceux que Charmillot (1977a, b) a obtenu par une autre méthode (cf. 3.12). Ils donnent cependant une idée de la variation du rendement.

3.4 — Relations entre la population estimée par piégeage sexuel et le risque d'attaques

Il serait très intéressant d'établir une liaison fonctionnelle entre la population estimée par piégeage sexuel au niveau d'un vol et le risque d'attaque de Carpopapse relatif à ce vol. Plusieurs difficultés apparaissent :

- le rendement du piégeage varie ;
- l'information est obtenue trop tardivement ;

TABLEAU 1

Estimation des populations de carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par un piège sexuel « Pherocon 1C trap » appâté avec E-8, E-10 DDol ⁽¹⁾

Vol	Années	Références des vergers	Superficies en hectares	Nombres d'arbres	Population estimée				Nombres adultes capturés	Pourcentages capturés par rapport aux mâles estimés		
					initialement (bandes-pièges) et cagettes)	Adultes mâles ⁽²⁾ , ⁽³⁾				A	B	C
						A	B	C				
1	1975	A3	1	570	1 580	438	376	312	44	10,1	11,7	14,1
1	1976	A4	0,9	486	644	171	141	110	53	31,0	37,6	48,2
1	1977	A4	0,9	486	61	7	6	5	22	100 +	100 +	100 +
1	1977	A5	1,2	1 306	744	81	69	57	25	30,9	36,2	43,9
1	1978	A4	0,9	486	1 543	156	128	100	98	62,8	76,6	98
1	1978	A5	1,2	1 306	2 380	240	198	155	77	32,1	38,9	49,7
1	1978	A6	2	946	756	76	63	49	65	85,5	96,9	100 +
1	1978	D1	3	2 149	1 719	173	143	112	51	29,5	35,7	45,5
2	1976	A4	0,9	486	158	63,2	59,3	55,3	22	34,8	37,1	39,7
2	1977	A4	0,9	486	194	77,6	72,8	67,9	27	34,8	37,0	39,7
2	1977	A5	1,2	1 306	100	40	38	35	12	30	31,6	34,3
2	1978	A4	0,9	486	0	0	0	0	50	100 +	100 +	100 +
2	1978	A6	2	946	0	0	0	0	65	100 +	100 +	100 +
2	1978	D1	3	2 149	376	150	141	132	28	18,6	19,9	21,2

⁽¹⁾ « Pherocon 1C trap » marque de Zoecon Corporation — Capsules chargées de 1 mg d'attractif.

⁽²⁾ Mortalités pour le premier vol en p. 100. B = valeur moyenne ; A et C = valeurs extrêmes (cages d'hivernation) ; 1975 = 52,5 (44,5 à 60,5) ; 1976 = 56,2 (46,7 à 65,7) ; 1977 = 81,4 (78,1 à 84,7) ; 1978 = 83,4 (79,8 à 87,0) d'après l'intervalle de confiance de la moyenne de dix cages au seuil 95 p. 100.

⁽³⁾ Mortalités pour le deuxième vol estimées à A = 20 p. 100 ; B = 25 ; C = 30 (sur les nymphes).

- la charge des arbres en fruits modifie la valeur relative de l'attaque (cf. 2) ;
- la fécondité des adultes et la mortalité des œufs et des jeunes larves doivent être appréciées.

Cela explique en partie les résultats peu fiables obtenus par les auteurs, qui ont cherché à établir de telles liaisons en considérant la population totale capturée au cours d'une saison et les pourcentages d'attaques (Wong *et al.*, 1971 ; Paradis et Comeau, 1972 ; Madsen *et al.*, 1974 ; Solomon *et al.*, 1975, Solomon, 1977-1978). Selon Riedl et Croft (1974) qui ont examiné les attaques en valeur absolue, au-dessus de cent captures cumulées par piège (modèle Sectar, 1 piège/1,5 ha) le piège ne donnerait plus d'indication valable sur le niveau ultérieur d'infestation. Cependant ils ont dégagé une relation entre le niveau des captures au début de la saison, jusqu'aux premières éclosions larvaires, et le niveau d'attaque, ce qui permet d'envisager une prévision.

L'absence de captures traduit une absence de risque à terme : c'est la prévision négative. De faibles captures sont assimilées du point de vue des conséquences à une absence de capture et dans ce sens Audemard et Milaire (1973-1975) ont proposé un seuil d'intensification diminution du vol. Ce seuil, empiriquement fixé, a été expérimenté avec succès pour moduler la prévision du risque en début et en fin de vol (Audemard, 1974-1975). L'utilisation de ce seuil peut permettre une prévision ponctuelle du risque tout le long de la saison et la modulation de la lutte. Ce seuil est nécessairement relativement bas car il intègre toutes les incertitudes relatives au rendement du piège et à la charge des arbres en fruits.

Mais le dépassement d'un seuil de tolérance ne traduit qu'un risque à terme. Ce terme dépend alors des conditions climatiques, surtout thermiques, favorables à l'accouplement, la ponte et le développement embryonnaire. Ce dernier n'a pas à être considéré si on utilise un produit à action ovicide.

Selon de nombreux auteurs les températures crépusculaires égales à $+ 15$ ou $+ 15,5$ °C correspondent à un seuil au-dessous duquel les activités de vol et de reproduction des adultes cessent (Audemard, 1976). Au laboratoire on observe que des adultes éclos à $+ 15$ °C et transférés à $+ 20$ °C ne commencent à pondre notablement qu'après 2 jours de séjour à cette température. Dans un premier temps nous avons donc admis que 2 jours successifs avec des températures crépusculaires supérieures à $+ 15$ °C sont nécessaires pour l'accouplement et la maturation sexuelle des femelles.

Depuis, Touzeau (1977) a montré une relation entre la ponte en manchon sur l'arbre et la température maximum de la journée enregistrée sous abri. Les pontes ne commencent qu'à partir de $+ 15$ °C et demeurent faibles jusqu'à $+ 19$ °C. Mais si la ponte n'a pas eu lieu le soir, en raison de la température limitante, elle intervient le lendemain dans la journée lorsque la température devient supérieure au seuil (El Idrissi Ammari et Audemard, données non publiées). Il en résulte que la relation entre la ponte et la température maximum de la journée est directe.

Le problème du délai à retenir entre le dépassement du seuil de captures et la ponte se trouve donc posé. Si les mâles ont pu rejoindre le piège on peut penser qu'ils auraient pu retrouver les femelles et les féconder. Par ailleurs une proportion importante de mâles se seraient déjà accouplés avant d'être capturés (Coutin, 1976). Enfin le nombre de jours où la température maximum n'atteint pas $+ 15$ °C n'est que de 1 à 3

ces dernières années à Avignon (Vaucluse) et à St-Martin-d'Auxigny (Cher), durant le vol du Carpopapse.

Il faut être prudent et analyser divers aspects. L'activité de vol et de reproduction se produit autour du crépuscule en raison : du rythme de l'insecte, de l'influence de la lumière et de la température. A une température crépusculaire supérieure à $+15^{\circ}\text{C}$ correspond à Avignon et St-Martin-d'Auxigny une température maximum sous abri supérieure à $+18^{\circ}\text{C}$. L'activité de vol des mâles et l'activité d'appel de la femelle, lorsqu'elle émet la phéromone sexuelle, ne sont pas forcément influencées de la même manière par la température. Par ailleurs la puissance d'attraction d'un piège sexuel, qui diffuse sans arrêt la phéromone, est bien supérieure à celle d'une femelle. En début de vol, où se situent les périodes critiques, il est probable que la proportion des mâles accouplés avant capture devrait être très réduite. La préoviposition est elle-même influencée par la température. Au laboratoire à $+18^{\circ}\text{C}$ et 16 heures de photopériode la ponte n'intervient pour quelques femelles qu'au début du troisième jour.

Tout cela nous conduit à estimer que 2 jours avec des températures favorables (maximum supérieur à $+18^{\circ}\text{C}$ considéré comme représentatif des conditions thermiques du jour et crépuscule) devraient être nécessaires pour qu'il y ait accouplement, maturation sexuelle de la femelle et ponte notable. Les observations en manchon en verger semblent le confirmer (Touzeau, 1977).

Le problème de l'influence des conditions climatiques sur la reproduction ne se pose que durant la première moitié du premier vol. Nous admettons ensuite que tous les soirs sont favorables et que le délai de préoviposition est intégré automatiquement et pratiquement par la cadence des relevés.

A partir de la ponte on détermine la durée de développement embryonnaire par l'usage des « degrés-jours » (Glen, 1922). Le cumul des températures excédant $+10^{\circ}$ intervient sur la température moyenne journalière. L'éclosion des œufs est considérée comme probable lorsque la température cumulée atteint 90 degrés-jours (Azzi, 1928). Bien que discutable sur divers plans, notamment en ce qui concerne le seuil thermique de développement (El Idrissi Ammari, 1978), cette formule donne satisfaction pour une utilisation pratique dans un but de prévision. Pour la fin du premier vol et pour le second vol, il est possible de retenir la durée fixe de 8 jours pour le développement embryonnaire.

L'établissement de la fin du risque nécessite l'examen des paramètres que nous venons de discuter. Il s'y ajoute la prise en considération du supplément de durée de vie dont bénéficient les femelles par rapport aux mâles qui peut atteindre 5 jours (Audemard, 1976).

4. — Utilisation pratique du piégeage sexuel dans la lutte raisonnée

4.1. — *Lutte raisonnée basée sur la prévision ponctuelle du risque par le piégeage sexuel*

4.11. *principe.*

Le principe est celui de la prévision négative, améliorée par l'utilisation de seuils de captures, appliquée tout au long du vol (cf. 3.4).

Les périodes de risque sont fixées d'après :

- a) l'importance des captures appréciées par référence à un seuil de captures.
- b) l'influence des conditions climatiques sur le déroulement du processus de reproduction du Carpocapse (cf. 3.4).

Durant les périodes de risque la protection de la récolte est assurée par des traitements insecticides suivant des cadences tenant compte du mode d'action des produits et de leur rémanence.

4.12. Modalités d'application dans les essais.

Les conditions de piégeage sont celles définies précédemment (3.2) ; rappelons qu'un seul piège est placé par unité culturale. L'isolement relatif des vergers d'essais a été recherché.

Selon les différents auteurs qui ont traité du problème d'utilisation de seuils de captures, le seuil considéré comme critique doit être : soit atteint, soit dépassé pour qu'il y ait risque à terme. Cette différence de présentation entraîne une ambiguïté qui est particulièrement gênante. Pour surmonter cette difficulté nous proposons d'utiliser deux seuils : un seuil d'intensification du vol (symbole $\oplus$) et un seuil de diminution du vol (symbole $\ominus$). Lorsque ces seuils sont atteints (et dépassés) l'intensification ou la diminution du vol intervient.

Les seuils de base que nous avons retenus (tabl. 2) ont été fixés empiriquement et se sont avérés valables pour 1 ha dans le sud-est de la France (cf. 3.4). Les seuils pour les superficies plus grandes sont établis d'après les résultats de l'étude du rendement des pièges selon leur densité par la méthode de l'occultation (cf. 3.12). Pour les régions du centre de la France l'examen des informations recueillies lors des essais d'aménagement de la lutte chimique contre le Carpocapse en verger isolé (Marcon et Audemard, 1978 et données non publiées) permettent de proposer un seuil double de celui retenu pour le Midi de la France. Si on admet que le rendement du piège ne diminue que légèrement avec la superficie (cf. 3.12), les seuils devraient augmenter proportionnellement à cette dernière, ce qui est logique puisque la même population

TABLEAU 2

*Seuils de captures d'adultes de carpocapse (Laspeyresia pomonella L.)
au piège appâté avec une phéromone sexuelle indiquant l'intensification et la diminution du vol*

Superficie de l'unité culturale (en hectares)	Nombres d'adultes capturés par un piège par semaine (3 relevés successifs) ⁽¹⁾			
	Régions septentrionales		Régions méridionales	
	$\oplus$	$\ominus$	$\oplus$	$\ominus$
1	6	5	3	2
2	8	7	4	3
3	10	9	5	4
4	12	11	6	5

⁽¹⁾ Seuils de captures ; $\oplus$ = intensification du vol ; $\ominus$ = diminution.

va attaquer une récolte plus importante. Les seuils proposés sont inférieurs à ceux qui découleraient de ce raisonnement. Ils comportent donc une marge de sécurité et sont provisoires, c'est-à-dire susceptibles d'être revus avec prudence le cas échéant.

Afin de tenir compte de la protandrie si les captures ne se maintiennent pas au seuil d'intensification la deuxième semaine de piégeage, on ne tient pas compte des résultats de la première semaine. Cette interprétation n'est pratiquée que pour le premier vol.

Les périodes de début et de fin du risque sont établies de la manière décrite dans le tableau 3 quand les seuils sont atteints. Mais il faut dans une certaine mesure tenir compte de l'espacement 2,2, 3 jours des relevés. Dans le cas du seuil d'intensification on remonte au jour du relevé précédent pour examiner l'influence des températures sur la reproduction. Pour la fin du risque, lorsque le seuil de diminution est atteint le calcul débute à partir du jour du dernier relevé positif (avec capture).

TABLEAU 3

Etablissement des périodes de début et de fin de risques d'attaques de carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) lorsque les seuils de captures au piège sexuel sont atteints ⁽¹⁾

Paramètres considérés	Début de risque		Fin du risque	
	Premier vol	Deuxième vol ⁽²⁾	Premier vol	Deuxième vol ⁽²⁾
— Départ selon seuil ⁽³⁾	Jour 0	Jour 0 ⁽⁴⁾	Jour 0	Jour 0
— Durée de vie résiduelle des femelles	↓	↓	5 jours ⁽⁴⁾	↓
— Accouplement et préoviposition (2 jours ^{t0} maximum > + 18°)	n... jours ⁽⁴⁾	8 jours	↓	12 jours
— Incubation des œufs (90°-jour ; cumul ^{t0} > + 10 sur moyenne journalière).....	n... + jours		n... + jours	

⁽¹⁾ Seuil d'intensification et seuil de diminution du vol.

⁽²⁾ Et période finale du premier vol.

⁽³⁾ Début du risque à partir du jour du relevé précédent. Fin du risque à partir du jour du dernier relevé positif.

⁽⁴⁾ Dans le cas d'un produit à action ovicide le risque débute à ce niveau, il cesse 5 jours après le seuil.

Le début du risque déclenche un traitement insecticide et la fin du risque suspend son renouvellement. La rémanence des insecticides utilisés (tabl. 4) est considérée comme atteignant 3 semaines sans pluie lessivante (Audemard, 1979). La prévision est simplifiée dans le cas de l'emploi du diflubenzuron puisque les périodes de ponte coïncident avec les périodes de risque (tabl. 3).

Les essais de lutte raisonnée contre le Carpocapse basée sur la prévision ponctuelle du risque par le piégeage sexuel ont été conduits en 1978, dans des vergers de pommiers exploités à des fins commerciales. La méthodologie mise en œuvre pour contrôler les résultats a déjà été publiée (Audemard *et al.*, 1976 ; Audemard, 1977 ; Audemard *et al.*, 1977b).

Dans chaque lieu géographique un ou plusieurs vergers témoins sont ménagés. La lutte dans ces vergers est pratiquée selon la stratégie de régulation de la population (cf. 2) avec une prévision du risque basée sur l'utilisation de plusieurs méthodes : bandes-pièges, piégeage sexuel, accessoirement contrôle visuel.

TABLEAU 4

Résultats des essais de lutte raisonnée contre le carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.)
basée sur la prévision ponctuelle du risque par le piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse (1978)

Caractéristiques des vergers ⁽¹⁾			Méthodes de prévision du risque ⁽²⁾	Nombres de traitements première et deuxième génération = total	Insecticides utilisés	Pourcentages attaques récolte (sur quatre mille fruits)	Evolution population sur quarante arbres Nombres larves			
Référence	Lieu	Superficie en ha					Hiver 1977-1978	Première génération (dont nymphes)	Deuxième génération	Hiver 1978-1979
A4	Avignon	0,9	Piégeage sexuel	4 + 2 = 6	diflubenzuron	0,40	127	3 (0)	3	6
A5	Avignon	1,2	Piégeage sexuel	4 + 2 = 6	diflubenzuron	0,45	54	—	0	0
A6	Avignon	2	Piégeage sexuel	4 + 2 = 6	diflubenzuron	0,20	32	4 (0)	0	4
B2	Avignon	2	Piégeage sexuel	1 + 0 = 1 ⁽³⁾	acéphate	0,05	0	—	—	1
A2	Avignon	0,5	Multiples (témoin)	3 + 0 = 3	diflubenzuron	1,20	160	25 (0)	167	192
D2	Les Vignères	3	Piégeage sexuel	2 + 1 = 3	phosalone	0,15	24	2 (1)	3	4
D1	Les Vignères	3	Multiples (témoin)	0 + 1 = 1	phosalone	0,37	32	18 (7)	6	17
Grand- Champ	St-Martin- d'Auxigny	3,72	Piégeage sexuel	1 + 0 = 1 ⁽⁴⁾	azinphos + demeton	0,10	0	0	23	23
Faitin	St-Martin- d'Auxigny	2,4	Multiples (témoin)	2 + 0 = 2	phosalone	0,05	1	3 (0)	9	12
Perchois	St-Martin- d'Auxigny	1	Multiples (témoin)	2 + 0 = 2 ⁽⁴⁾	azinphos + demeton phosalone	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ Variété golden delicious en pleine production sauf A6 Granny Smith, Avignon et Les Vignères (Vaucluse), St-Martin-D'Auxigny (Cher).

⁽²⁾ Piégeage sexuel et utilisation des seuils de captures = prévision ponctuelle du risque. Méthodes multiples : bandes-pièges et cagettes, piégeage sexuel, lutte obligatoire sur une génération (vergers témoins).

⁽³⁾ Acéphate dirigé contre les pucerons.

⁽⁴⁾ Dont 1 azinphos — demeton dirigé contre les chenilles défoliatrices

4.13. Résultats des essais.

Les résultats (tabl. 4) sont à comparer à ceux des vergers témoins. Le niveau de protection des fruits obtenu doit être situé par rapport au seuil de tolérance économique de 2 p. 100 d'attaques de Carpopapse à la récolte. Le maintien ou la baisse du niveau de la population témoigne de la bonne efficacité de la lutte. Toutefois si la deuxième génération n'est pas combattue une certaine élévation du niveau de la population hivernante peut normalement intervenir.

La lutte contre d'autres ravageurs avec des insecticides polyvalents (verger B2, Grand Champ et Perchois) a eu une action certaine sur le Carpopapse. Elle a donc été imputée à ce ravageur bien qu'il ne s'agisse pas d'une intervention délibérée.

Il est possible *a posteriori* en examinant les captures au piège sexuel de déterminer les périodes de risque d'attaque de Carpopapse dans un verger. Si la lutte, basée sur la régulation de la population, vise la première génération, il est alors possible d'établir le nombre de traitements qui auraient été pratiqués si la prévision avait été basée sur le piégeage sexuel.

C'est ce que nous avons fait afin de comparer les deux méthodes (tabl. 5) en tenant compte : d'une rémanence des insecticides de 3 semaines, des conséquences des pluies, des seuils du tableau 2 et des données du tableau 3. La stratégie de lutte recommandée à Avignon comme la plus efficace vise la seconde génération, ce qui explique le nombre restreint de cas que nous pouvons présenter.

4.14. Discussion.

La lutte raisonnée contre le Carpopapse basée sur la prévision ponctuelle du risque par le piégeage sexuel permet d'obtenir une protection tout à fait satisfaisante de la récolte. Cette protection est équivalente à celle procurée par l'application d'une stratégie de régulation de la population mais le nombre de traitements est dans l'ensemble plus important.

Plusieurs explications peuvent être avancées :

- la moindre efficacité de cette stratégie de couverture des périodes de plus grand risque sur la population, qui doit encore plus se percevoir avec la répétition des stratégies au cours des années sur les mêmes vergers ;

- le non-isolement ou l'isolement insuffisant de certains vergers, avec pour conséquences des arrivées d'adultes de l'extérieur et le renouvellement des traitements. Le cas s'est présenté en 1978 dans les vergers A4, A5, A6 (tabl. 4) et dans le verger Perchois (tabl. 5) ;

- le niveau relativement bas des seuils de captures qui intègre toutes les incertitudes : variation du rendement du piège, fécondité différente selon les générations (Audemard et Esteban, 1974), différences dans la charge des arbres en fruits.

A St-Martin d'Auxigny le résultat enregistré dans le verger Grand Champ montre qu'il est possible d'abaisser, dans certains cas, à un le nombre de traitements qui est habituellement de deux (sans compter les renouvellements dus aux pluies). Les résultats d'essais effectués en Périgord en 1978 montrent que le piégeage sexuel peut conduire à ne pas traiter le Carpopapse (Chol, communication personnelle).

Les vergers A4, A5 et A6 d'Avignon situés sur la même exploitation mais non contigus ont présenté une évolution tout à fait similaire de la population. Cela paraît

TABLEAU 5

*Incidence de deux stratégies d'application de la lutte raisonnée
sur le nombre de traitements visant le carpocapse (Laspeyresia pomonella L.)*

Lieux	Années	Références vergers (¹)	Superficies	Nombres de traitements (²)	
				première + deuxième génération = Total	Couverture des périodes de plus grand risque (Prévision piégeage sexuel)
St-Martin- d'Auxigny (Cher)	1976	Perchois	1	3 + 0 = 3	3 + 0 = 3
	1977	Perchois	1	4 + 0 = 4	4 + 0 = 4
		Fussy	2	3 + 0 = 3	3 + 0 = 3
		Faïlin	2,4	2 + 0 = 2	2 + 1 = 3
		Grand Champ	3,7	3 + 0 = 3	3 + 0 = 3
	1978	Perchois	1	2 + 0 = 2	4 + 1 = 5
		Fussy	2	3 + 0 = 3	3 + 0 = 3
		Faïlin	2,4	2 + 0 = 2	2 + 1 = 3
		Grand Champ	3,7	2 + 0 = 2	1 + 0 = 1
				Moyenne = 2,8	Moyenne = 3,1
Avignon (Vaucluse)	1975	A3	1	4 + 0 = 4	4 + 0 = 4
	1976	A2	0,5	0 + 0 = 0	1 + 2 = 3
		A4	0,9	3 + 1 = 4	3 + 3 = 6
	1977	A5	1,2	2 + 0 = 2	2 + 2 = 4
	1978	A2	0,5	3 + 0 = 3	4 + 2 = 6
				Moyenne = 2,6	Moyenne = 4,6

(¹) St-Martin-d'Auxigny = vergers isolés sauf Perchois. Avignon = vergers clos par brise-vent ; isolement relatif A2, A4.

(²) Régulation de la population effectivement pratiquée sur la première génération (cette stratégie n'est pas la meilleure à Avignon).

Périodes de risque établies *a posteriori* par les résultats du piégeage sexuel.

indiquer qu'un regroupement des unités culturales beaucoup plus large que celui pratiqué jusqu'alors pourrait intervenir, dans le cas du Carpocapse, sous réserve de vérifier par le piégeage son bienfondé.

La possibilité d'une légère augmentation des seuils de captures devra être expérimentée. En Suisse romande où les conditions générales d'évolution du Carpocapse sont voisines de celles de St-Martin-d'Auxigny, Baggiolini *et al.* (1977) fixent le seuil d'intensification à onze captures par semaine. Il est possible que ce chiffre intègre un certain apport d'adultes de l'extérieur.

La prévision ponctuelle a déjà été expérimentée par divers auteurs. Au Canada, Madsen et Vakeniti (1973) sont partis d'un seuil d'intensification de deux captures

par piège Pherotrap, par semaine, pour 0,4 ha, puis pour 1 ha (Vakenti et Madsen, 1976). Ce seuil de deux a été retenu aussi en Afrique du sud (Madsen *et al.*, 1974). Aux U. S. A. avec des pièges couvrant 1 à 1,6 ha, dont certains disposés en bordure, Westigard et Graves (1976) utilisent un seuil d'intensification de trois captures par piège et par semaine. Lorsque le seuil n'était atteint que dans les pièges de bordure, seules les bordures étaient traitées. En Angleterre le seuil d'intensification expérimenté est de six captures par piège et par semaine (Granham, 1977-1978). Dans tous les cas évoqués le traitement n'intervient que si le seuil est dépassé durant 2 semaines successives, le délai est de 7 jours après la 2^e semaine. Si ce seuil est par la suite toujours dépassé, un second traitement intervient 3 semaines après le premier. Ce système diffère donc de celui que nous proposons au niveau de l'interprétation des captures.

Dans un but d'utilisation pratique il est possible de simplifier les calculs des périodes de risques et de réaliser des feuilles de relevés facilitant l'exploitation des résultats. Le piégeage sexuel est une méthode attrayante pour les arboriculteurs qui l'acceptent volontiers alors que souvent d'autres méthodes de prévision les rebutent.

4.2. — *Le piégeage sexuel comme moyen complémentaire de prévision du risque dans la lutte raisonnée*

Nous avons déjà évoqué la prévision négative en début et en fin de vol qui permet de réduire le nombre de traitements dans le cas d'une régulation de base de la population sur l'une des deux générations annuelles (Audemard, 1974-1975) (cf. 3.4). La détermination du risque est établie de manière analogue à celle développée pour la prévision ponctuelle (cf. 4.1) (Acta, 1977).

Lorsque la régulation de base de la population intervient sur la première génération, la lutte comporte deux traitements obligatoires en Suisse romande et dans la région du Centre de la France (Charmillot *et al.*, 1976 ; Marcon et Audemard, 1978).

La baisse constante de la population dans certains vergers résultant de l'application continue de cette stratégie laisse supposer que le nombre de traitements pourrait être alors diminué. D'une manière qui semble assez générale une relation plus ou moins stable existe entre les captures cumulées durant la première partie du vol et les captures totales de l'ensemble du vol (Riedl et Croft, 1974 ; Touzeau, 1975 ; Charmillot et Fiaux, 1975). Il paraît possible aux derniers auteurs cités de baser la prévision de l'intensité de la lutte, nécessaire pour éviter le dépassement du seuil de tolérance économique en première génération, sur le nombre de captures cumulées jusqu'aux premières éclosions larvaires. Les seuils qu'ils proposent pour la Suisse romande sont pour 1 ha de : zéro à vingt captures = pas de lutte, vingt-et-un à cinquante = un traitement, plus de cinquante = deux traitements.

A St-Martin-d'Auxigny, au moment des premières éclosions larvaires, 45 p. 100 environ des captures totales du premier vol sont intervenues (de 41,7 à 49,7), dans les vergers isolés. Des seuils tenant compte de cette information et de la superficie des unités culturales sont en cours d'expérimentation. Les limites de la réduction du nombre de traitements visant la première génération sont dictées par la nécessité d'éviter toute lutte sur la deuxième génération, pour laquelle la prévision du risque est assurée par la méthode des bandes-pièges et des cagettes. Par ailleurs comme il est indispen-

sable d'attendre la période des premières éclosions larvaires pour décider des éventuelles interventions, l'emploi de l'insecticide diflubenzuron, qui doit être mis en œuvre en fonction des périodes de ponte, est alors exclu.

5. — Conclusions

Le piégeage du Carpocapse avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol est une des méthodes qui peut contribuer à la prévision du risque d'attaque dans le cadre de la lutte chimique raisonnée en verger de pommiers.

L'abondance des captures au piège sexuel est sous la dépendance de quatre groupes de facteurs qui présentent des interactions et sont relatifs à : la population de Carpocapse, les conditions de piégeage, les caractéristiques de l'agro-écosystème verger considéré, les conditions climatiques. L'examen du rôle de ces facteurs dans les vergers commerciaux de pommiers nous a permis de mieux définir : les conditions de piégeage, les possibilités d'estimation de la population par cette méthode, les relations entre ces estimations et les risques d'attaques.

L'utilisation du piégeage sexuel comme moyen exclusif d'assurer une prévision ponctuelle du risque d'attaque de Carpocapse tout au long de la saison a été expérimentée avec succès. La stratégie de lutte a alors pour conséquence de ne couvrir que les périodes de plus grand risque. Elle a entraîné le plus souvent un nombre de traitements plus élevé que lors de l'application d'une stratégie basée sur la régulation de la population, qui bénéficie d'une meilleure efficacité intrinsèque et de moyens de prévision du risque plus précis et multiples. Mais il paraît possible d'expérimenter des seuils de captures légèrement plus élevés ce qui est susceptible de diminuer le nombre de traitements. Lorsque les populations de Carpocapse sont extrêmement faibles grâce à la prévision ponctuelle par piégeage sexuel, la lutte peut apparaître comme non indispensable.

Le principal obstacle à l'emploi du piégeage sexuel est lié à sa très bonne efficacité qui amène des arrivées d'adultes de Carpocapse provenant de sources extérieures aux vergers, dans lesquelles il faut aussi piéger pour atténuer cet inconvénient. Si cela n'est pas possible le nombre de traitements sera inutilement multiplié, ce qui condamne alors l'usage exclusif du piégeage pour la prévision du risque.

Le piégeage sexuel du Carpocapse qui séduit les arboriculteurs est un excellent moyen pour les engager sur la voie de la lutte raisonnée à condition que les problèmes de distribution du matériel et d'appui technique soient résolus.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Remerciements

Nous remercions vivement J. Marcon, Cosama, St-Martin-d'Auxigny pour son précieux et efficace concours.

Nous exprimons aussi notre gratitude aux arboriculteurs de Vaucluse qui ont bien voulu mettre à notre disposition leurs vergers : MM. J. Bernard, J. P. Manguin, R. Mestre.

Summary

Trapping of the codling moth (Laspeyresia pomonella L.) with the sexual synthetic Pheromon E-8, E-10 DDol in integrated control of apple orchards in France.

We first examined the relationship between the size of Codling moth catches with synthetic sex pheromone-baited traps (8-E, 10-E ol-1 dodecadien) and the risks of damage in apple orchards. The main factors involved were analysed, from published data and the author's results, specially those concerning populations estimations. This enabled us to define the trapping conditions and the limits of the method.

The practical use of sexual trapping must be considered in keeping with supervised control strategies against Codling moth in apple orchards. Supervised control exclusively based upon punctual forecasting (by sexual trapping) was experienced, only covering the periods of great risks.

This control pattern is based upon the negative forecasting principle, improved by the use of catches thresholds and the examination of the climatic conditions effect on Codling moth reproduction.

The catches thresholds are different according to the area covered by one trap and the french region considered.

The results of the trials, as regards crops-protection are as good as those obtained by another control model, relying upon a population limitation of one generation out of two in the year. But in the case of punctual forecasting by trapping, the number of sprays is increased.

When too many adults alien to the orchards are attracted forecasting the risk of damage by trapping cannot be taken up.

Références bibliographiques

- A.C.T.A., 1977. Contrôles périodiques en verger pommier. III. Contrôles, seuils et indications pour la lutte. ACTA, Paris (2^e édition), 79 p.
- AUDEMARD H., 1974. La lutte intégrée en verger de pommiers. Possibilités d'aménagement de la lutte chimique contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en France, *Bull. Tech. inf.*, **290**, 455-465.
- AUDEMARD H., 1974-1975. La régulation des populations de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans la lutte dirigée en verger de pommiers. C. R. 5^e Symp. int. OILB/SROP sur la lutte intégrée en vergers. Bolzano, 3-7 septembre 1974. OILB, Wageningen, 213-226, 1975.
- AUDEMARD H., 1976. Etude démoécologique du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers de la basse vallée du Rhône. Possibilité d'organisation d'une lutte intégrée. Thèse Doc-Ing. Univ. F. Rabelais, Tours, 5 octobre 1976, 365 p.
- AUDEMARD H., 1977. Essais complémentaires sur le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) d'un nouvel insecticide : le diflubenzuron, *Def. Veg.*, **187**, 303-309.
- AUDEMARD H., 1979. Le piégeage du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse 8-E, 10-E, ol-1 dans la prévision du risque et la lutte dirigée en verger. *Def. Veg.* 195 : 29-43.
- AUDEMARD H., MILAIRE H. G., 1973-1975. Le piégeage du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse. Premiers résultats utilisables pour l'estimation des populations et la conduite de la lutte. Comm. 4^e Réunion Groupe de travail OILB/SROP sur la lutte génétique contre le Carpopapse et Adoxophyes, Wadenswil, 26-29 novembre 1973 in *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **7**, 61-80, 1975.
- AUDEMARD H., ESTEBAN DURAN J., 1974. Variation de la fécondité de couples de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans la nature. C. R. Acad. Sc. Paris, **278**, 2671-2674.
- AUDEMARD H., CAUSSE R., FERON M., 1976. Lutte intégrée en verger de pommiers : orientations nouvelles dans la lutte contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en 1974-1975. C. R. Acad. agric. Fr., **62**, 228-235.
- AUDEMARD H., GOUGET R., MILAIRE H. G., GENDRIER J. P., REBOULET J. N., 1977a. Comparaison de pièges sexuels pour le piégeage de *Laspeyresia pomonella* L. et *Grapholitha molesta* Busck. Pub. I.N.R.A. Montfavet, C. R. Réunion sur « Les phéromones sexuelles des insectes ». Montfavet, 25-27 octobre 1977, 29-36.
- AUDEMARD H., BEAUVAIS Françoise, DESCOINS C., 1977b. La lutte contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse par la méthode de confusion des mâles : premier essai en verger commercial de pommiers ; *Rev. Zool. agric. Path. veg.*, **76**, 15-24.

- AZZI G., 1928. Ecologia agraria Torino, 1 vol, 237 p. Cité par GOLFARI, 1939. Ricerche sull'etologia della *Cydia (Laspeyresia pomonella)* L. in rapporto coi mezzi usati per combatterla. *Boll. Inst. Entomol. Univ. Bologna*, **11**, 41-63.
- BAGGIOLINI M., BAILLOD M., CHARMILLOT P. J., SCHMID A., 1977. La lutte antiparasitaire en arboriculture fruitière, ravageurs in Guide des traitements antiparasitaires en viticulture et en arboriculture 1977-1978. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **9**, 19-20.
- BATISTE W. C., JOOS J., 1972. Codling moth : a new pheromone trap. *J. econ. Entomol.*, **65**, 1741-1742.
- BATISTE W. C., OLSON W. H., BERLOWITZ A., 1973. Codling moth : influence of temperature and daylight intensity on periodicity of daily flight in the field. *J. econ. Entomol.*, **66**, 883-892.
- BUDA V., SKIRKEVICIUS A., 1976. The influence of some physical factors on the probability of a reaction appearing in male of the apple Tortricid on stimulation of sex pheromone. *Acta Entomologica Lituanica*, **3**, 127-134. *Abstr. in Rev. appl. Entomol.*, n° 5308, 1977.
- BULYGINSKAYA M. A., BOGDANOVA T. P., 1971. Responses of both sterilized and non sterilized males of the Codling moth *Laspeyresia pomonella* L. to a sex attractant of their females. *Insect chemoreception Proc. of the 1st All-Union Symposium on Insect chemoreception*, Vienius, Sept. 8-10, 195-189 (in Russian-An).
- CAUSSE R., 1977-1978. Flying activity study of the Codling moth by the release capture method using sex trap in an apple orchard. *Comm. at the joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting*, « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth ». Heidelberg, November 7-10, 1977. Summary in *Mitt. Biolog. Bundes*, **180**, 68-71.
- CHARMILLOT P. J., 1977a. Carpopapse des pommes (*Laspeyresia pomonella* L.). Contribution à l'étude de l'efficacité du piège à attractif sexuel synthétique. *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, **50**, 37-45.
- CHARMILLOT P. J., 1977b. Efficacité des pièges sexuels à Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) : Résultats de trois ans d'essais. Pub. I.N.R.A. Montfavet. C. R. Réunion sur « les phéromones sexuelles des insectes » ; Montfavet, 25-27 octobre 1977, 37-40.
- CHARMILLOT P. J., 1977-1978. Study of the efficiency of trap baited with sexual attractant for the Codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) : Results of three years experimentations. *Comm. at the joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting*, « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth ». Heidelberg, November 7-10, 1977. Summary in *Mitt. Biolog. Bundes*, **180**, 41, 1978.
- CHARMILLOT P. J., FIAUX G., 1975. Moyens d'avertissement dans la lutte dirigée contre le Carpopapse. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **7**, 93-98.
- CHARMILLOT P. J., BAGGIOLINI M., MURBACH R., ARN H., 1975. Comparaison de différents pièges à attractif sexuel synthétique pour le contrôle du vol du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.). *La Recherche agronomique en Suisse*, **14**, 57-69.
- CHARMILLOT P. J., FIAUX G., BAGGIOLINI M., 1976. Possibilité de limitation des populations de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans le bassin lémanique par une lutte précoce sur la première génération. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **8**, 61-68.
- COUTIN R., 1975. Utilisation d'une phéromone sexuelle de synthèse pour estimer l'importance numérique d'une population imaginale du Carpopapse *Laspeyresia pomonella* L. A.C.T.A. *Lutte intégrée*, Note d'information. 16, 30-41.
- COUTIN R., cité par MILAIRE H. G., 1976. Emploi de phéromones sexuelles de synthèse pour le piégeage dans la lutte intégrée en vergers. *Def. Veg.*, **177**, 6-22.
- CRANHAM J. E., 1977-1978. Monitoring Codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) with pheromone trap. *Comm. at the joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS. Research Coordination Meeting* « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth ». Heidelberg, november 7-10, 1977 Summary in *Mitt. Biolog. Bundes*, **180**, 31-33, 1978.
- EL IDRISSE AMMARI M. A., 1978. Introduction à l'étude de quelques paramètres biologiques en vue de l'établissement d'un modèle de simulation du cycle évolutif du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) *Rap. D.E.A. Ecol. méditerranéenne*, Univ. Aix Marseille. Fac. Sc. St Jérôme, juin 1978, 99 p.
- FORMIGINI A., PATUZZO L., LERI G., 1977. Quattro anni di esperienze di lotta guidata contro la Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) su melo e pero mediante l'impiego di feromone (Codlemone). *Informat. fitopatol.*, **67**, 61-65.
- GLENN P. A., 1922. Relation of temperature to development of the Codling moth. *J. econ. Entomol.*, **15**, 193-198.
- GRANGES J., STAHL J., BAGGIOLINI M., MURBACH R., 1969-1970. Essais préliminaires sur le piégeage du Carpopapse. C. R. 4^e Symp. OILB sur la lutte intégrée en vergers, Avignon, 9-12 septembre 1969, OILB, Zurich, 75-81, 1970.
- HAGLEY E. A. C. 1973. Timing sprays for Codling moth (*Lepidoptera : Olethreutidae*) control on apple. *Can. Entomol.*, **105**, 1085-1089.
- HOWELL J. F., 1972. An improved sex attractant trap for Codling moth. *J. econ. Entomol.*, **65**, 609-611.

- HOWELL J. F., 1974. The competitive effect of field population of Codling moth on sex attractant trap efficiency. *Environ. Entomol.*, **3**, 803-807.
- LA QUINOLEINE, non daté. Dimilin. Soc. La Quinoleine Paris, Document technique n° 780216, 15 p.
- MADSEN H. F., VAKENTI J. M., 1973. Codling moth : use of Codlemone baited trap and visual detection of entries to determine need of sprays. *Environ. Entomol.*, **2**, 677-679.
- MADSEN H. F., MYBURGH A. C., RUST O. J., BOSMAN I. P., 1974. Codling moth correlation of male sex attractant trap captures and injured fruit in South Africa apple and pear orchards. *Phytophylactica*, **6**, 185-188.
- MANI E., RIGGENBACH W., MENDIK M., 1975. Quality control of reared and sterilized moths. Joint F.A.O./I.A.E.A. and I.O.B.C./W.P.R.S. research coordination meeting on « the use of the sterile insect technique for the control of lepidopterous insects attacking tree fruit », 17-21 novembre 1975, Vienna.
- MARCON J., AUDEMARD H., 1978. Essais de lutte dirigée contre le Carposcapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers dans la région du Centre, *Bull. Tech. inf.*, **326**, 19-24.
- MILAIRE H. G., 1978. La protection des cultures par la lutte intégrée. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **64**, 1351-1370.
- MOFFITT H. R., 1975. Effects of laboratory rearing and sterilization upon vigor and competitiveness of adult Codling moth. Joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS research coordination meeting on « the use of the sterile male technique for the control of lepidopterous insects attacking tree fruit », 17-21 November 1975, Vienna.
- PARADIS R. O., COMEAU A., 1972. Piégeage de la Pyrale de la pomme (*Laspeyresia pomonella* L.) dans le verger du sud-ouest du Québec au moyen d'une phéromone sexuelle synthétique. *Ann. Soc. Entomol. Québec* **17**, 7-19.
- PROVERBS M. D., LOGAN D. M., CARTY B. E., 1973. Some biological observations related to Codling moth by the sterility principle. *Computer models and application of the sterile male technique*. I.A.E.A. Vienna, STI/PUB/340, 149-164.
- RIEDL H., CROFT B. A., 1974. A study of pheromone trap catches in relation to Codling moth (*Lepidoptera : Olethreutidae*) damage. *Can. Entomol.*, **106**, 525-537.
- RIEDL H., CROFT B. A., HOWITT A. J., 1976. Forecasting Codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. *Can. Entomol.*, **108**, 449-460.
- ROELOFS W. L., COMEAU A., 1970. Lepidopterous sex attractant discovered by field screening tests. *J. econ. Entomol.*, **63**, 969-974.
- SOLOMON M. E., WILTSHIRE C. W., VARLEY M. J., MILSOM N. F., 1975. Codling moth trap catches and fruit damage. *Report Long Ashton Res. Sta. Univ. Bristol*, 1975, Zoology, 108-109.
- SOLOMON M. E., 1977-1978. Relationship between pheromone trap catches of Codling moths, damage to fruit and seasonal heat sums. *Com. at the Joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth »*. Heidelberg, November 7-10, 1977. Summary in : *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 34-35, 1978.
- STOCKEL J., 1976. Mise au point d'un type de piège sexuel « I.N.R.A. » pour insectes. *Pub. I.N.R.A. Bordeaux*. *C. R. Réunion sur « les phéromones sexuelles des Lépidoptères »*, Bordeaux, 13-16-octobre 1976, 12-14.
- TOUZEAU J., 1975. Les phéromones sexuelles des insectes. Perspectives de leur utilisation pratique en arboriculture et en viticulture. *Phytoma*, **266**, 17-23.
- TOUZEAU J., 1977. Etude des principaux paramètres biotiques et abiotiques nécessaires à l'établissement d'un modèle d'évolution du Carposcapse des pommes (*Laspeyresia pomonella* L.) pour la région Midi-Pyrénées. In : *Rap. Serv. Prot. Veg. Fr. « Avertissements agricoles et lutte intégrée. Observations, travaux réalisés en 1976 et 1977 »*, **117**, 5-29.
- VAKENTI J. M., MADSEN M. F., 1976. Codling moth : monitoring population in apple orchard with sex pheromone trap. *Can. Entomol.*, **108**, 433-438.
- WESTIGARD P. H., GRAVES K. L., 1976. Evaluation of pheromone baited trap in a pest management program on pears for Codling moth control. *Can. Entomol.*, **108**, 379-382.
- WHITE L. D., HUTT R. B., 1975. Codling moth : catches on irradiated and untreated laboratory reared and native males in synthetic sex attractant traps. *J. econ. Entomol.*, **68**, 449-450.
- WONG T. T. Y., MOUZIN T. E., RALSTON D. F., DAVIS D. G., BURNSIDE J. A., DOLPHIN R. E., 1971. Populations of Codling moth on Washington Island Wisconsin in 1970. *J. econ. Entomol.*, **64**, 1410-1411.

Efficacité du piège à carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) appâté d'attractif sexuel synthétique

P. J. CHARMILLOT

Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins,
CH 1260, Nyon Suisse

Résumé

L'efficacité du piège à attractif sexuel du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) est étudiée de 1975 à 1978 dans seize parcelles de Suisse Romande, dont les surfaces varient entre 0,3 ha et 10,6 ha.

Des larves mâles du carpocapse, marquées par un colorant interne ainsi que des mâles d'une souche mutante aux ailes gris uniforme sont déposées dans des abris artificiels distribués de façon homogène dans les parcelles d'essai. Ainsi l'émergence des papillons est synchronisée avec celle de la population naturelle. Le nombre exact de mâles ayant quitté les abris d'émergence est déterminé par le comptage des exuvies.

Un seul piège placé au centre géométrique des vergers capture 40 à 50 p. 100 des mâles, quelle que soit la surface de la parcelle. Les facteurs météorologiques sont pratiquement sans effet sur le rendement du piège car, par mauvais temps, les papillons vivent beaucoup plus longtemps et trouvent finalement des conditions favorables pour répondre à l'attractif. L'efficacité du piège est relativement constante durant toute la saison. Le laps de temps moyen entre l'émergence et la capture augmente lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises, ainsi que dans les vergers de grande surface. Le piège sexuel est un moyen d'avertissement puissant et précis dans les vergers relativement bien isolés. Un seul piège suffit à échantillonner les populations sur des surfaces allant au moins jusqu'à 10 ha.

Introduction

Le piège à attractif sexuel synthétique est un outil puissant qui est venu s'ajouter depuis quelques années à la panoplie des moyens d'avertissement et de prévision utilisés pour l'amélioration de la lutte contre de nombreux ravageurs. Dans le cas du carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.), les pièges alimentaires ou lumineux autrefois destinés à suivre l'évolution des adultes dans les vergers ont rapidement disparu dès le moment où l'attractif de ce déprédateur a été identifié et synthétisé (Roelofs *et al.*, 1971). L'intérêt principal du piégeage sexuel réside surtout dans son aptitude à dépister de très faibles populations et à préciser le commencement et la fin des vols (Minks, 1975 ; Touzeau, 1975). Il situe généralement assez bien les périodes d'abondance d'adultes dans les cultures, ce qui permet d'évaluer la durée du risque d'attaque (Baggiolini *et al.*, 1974 ; Audemard, 1979). Enfin, des captures nulles ou peu importantes traduisent une absence de danger et par conséquent offrent la possibilité d'éviter toute intervention inutile (Madsen *et al.*, 1974 ; Charmillot *et al.*, 1975 ; Mani et Wildbolz, 1975 ; Vakenti et Madsen, 1976). Cependant, il est difficile pour

l'instant dans nos conditions, d'établir une relation étroite entre les captures de papillons et l'attaque sur fruits. De nombreux facteurs météorologiques, biologiques, culturels ou liés à la technique de piégeage interviennent en effet entre le moment de l'émergence des adultes et celui de la pénétration des jeunes larves.

La multiplication du nombre de pièges par unité de surface engendre des interférences et des compétitions qui conduisent à des difficultés dans l'interprétation des captures (Riedl et Croft, 1974 ; Wall et Perry, 1978). La mise en action d'un unique piège au centre de chaque entité culturale est donc conseillée pour l'avertissement. Des progrès supplémentaires en vue de l'élaboration d'une prévision quantitative de l'attaque ne peuvent être réalisés que si l'on connaît le rendement du piège dans l'espace et dans le temps, c'est-à-dire si l'on est capable d'estimer les populations effectives d'adultes.

Par ce travail, conduit systématiquement durant 4 ans, nous nous proposons donc d'étudier comment varie l'efficacité du piège en fonction de la météorologie et de la dimension de la parcelle dans laquelle il est placé.

Matériel et méthodes

Lâchers d'insectes marqués et captures

Des larves mâles de carpocapse produites sur un milieu artificiel contenant un colorant rouge (Calco Red) ainsi que des larves mâles d'un mutant gris sélectionné à Changins (Charmillot et Rosset, 1977) sont déposées par lots successifs dans des abris artificiels distribués de façon homogène dans des vergers (fig. 1). Ces insectes emmagasinent la chaleur nécessaire à la nymphose, puis à l'émergence. Ainsi le vol est échelonné et ces mâles marqués, conditionnés en verger, réagissent au piégeage comme les papillons de la population naturelle. Durant toute la période de vol les abris artificiels sont ouverts trois fois par semaine pour compter les exuvies et dénombrer ainsi les mâles marqués qui ont émergé. Les captures effectuées dans les pièges sexuels de type Standard Oilb, appâtés de capsules Codlemone R, sont dénombrées par la même occasion. Les mutants gris pris au piège se distinguent aisément par la coloration claire et uniforme de leurs ailes et il suffit d'écraser les autres papillons pour discerner les mâles produits sur milieu artificiel coloré des insectes de la population naturelle (Charmillot, 1977).

Parcelles d'essai

En 1975, un essai est effectué dans une parcelle de 0,9 ha avec cinq abris artificiels d'émergence et un piège au centre. En 1976, la même expérience est réalisée dans quatre vergers dont la superficie va de 0,4 ha à 4,4 ha, alors qu'en 1977 les essais portent sur sept parcelles allant de 0,3 ha à 10,6 ha. D'autre part, de 1975 à 1978, la même technique est appliquée dans une plantation de 1,1 ha, mais avec huit pièges pour la capture. En 1978, l'expérimentation est poursuivie dans un verger de 0,3 ha, mais cette fois avec cinq dépôts successifs de larves bien séparés dans le temps, de façon à connaître l'évolution de l'efficacité du piège au cours de la saison.

Le nombre d'abris d'émergence distribués dans les vergers va de quatre à douze, selon la surface des parcelles. Dans les plus grandes plantations, les deux types de

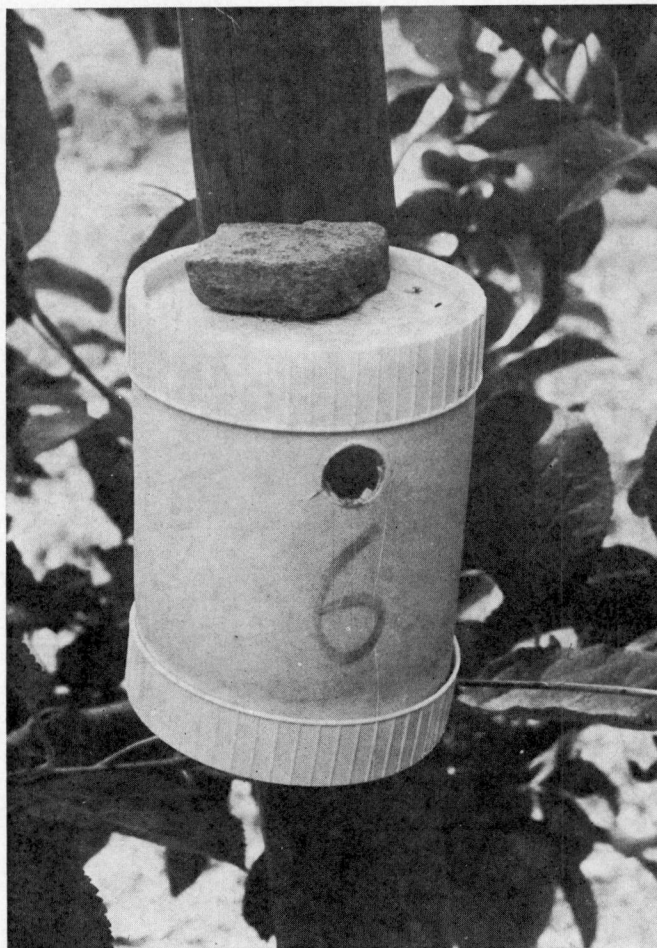


FIG. 1. — Abris d'émergence des papillons marqués.

mâles marqués — mutants gris et marquage interne rouge — sont déposés simultanément, l'un dans la moitié centrale, l'autre dans la périphérie de la parcelle afin d'étudier le taux de capture en fonction de la distance du point d'émergence au piège.

Résultats

Le tableau 1 résume les conditions dans lesquelles les expériences ont été réalisées et rapporte les résultats globaux. La figure 2 illustre à titre d'exemple, le déroulement des émergences et des captures de papillons dans l'une des parcelles d'essai. Les fortes captures, aussi bien pour la population naturelle que pour les mâles lâchés, sont obtenues lorsque les températures crépusculaires sont élevées. Cela indique que le comportement des carposcapes marqués conditionnés en verger est identique à celui des papillons de la nature. Le taux de capture des mâles marqués est toujours très élevé,

TABLEAU 1

Parcelles, conditions d'essais et résultats globaux

Année	Parcelles	Surface (ha)	Nombre de pièges	Captures ♂ population naturelle	Marquage utilisé *	Nombre d'abris d'émergences	♂ marqués émergences	captures	p. 100 captures
1975	Verex 66.....	0,9	1	281	MG	5	202	72	35,6
	Au Viez	1,1	8	146	MG	10	416	256	61,5
1976	Changins parc. 14	0,4	1	245	R	6	210	119	56,7
	Verex 61.....	1,8	1	179	R	12	512	275	53,7
	Vich.....	3,2	1	261	R + MG	12	436	204	46,8
	Emétaux	4,4	1	362	R + MG	12	475	170	35,8
	Au Viez	1,1	8	295	R	10	407	300	73,7
1977	Changins parc. 14	0,3	1	82	R + MG	4	109	53	48,6
	Verex 66.....	0,9	1	64	MG	6	182	87	47,8
	Verex 61.....	1,8	1	114	R	12	373	156	41,8
	Vich.....	3,2	1	137	R + MG	12	375	183	48,8
	Emétaux	4,4	1	235	R + MG	12	354	142	40,1
	Etoy	10,6	1	226	R + MG	12	800	306	38,3
	Plantaz	0,5	1	393	R + MG	4	324	108	33,3
	Au Viez	1,1	8	135	R	10	344	243	70,6
1978	Changins parc. 14	0,3	1	58	R	4	482	265	55,0

* MG = mutants gris ; R = marquage interne au Calco Red.

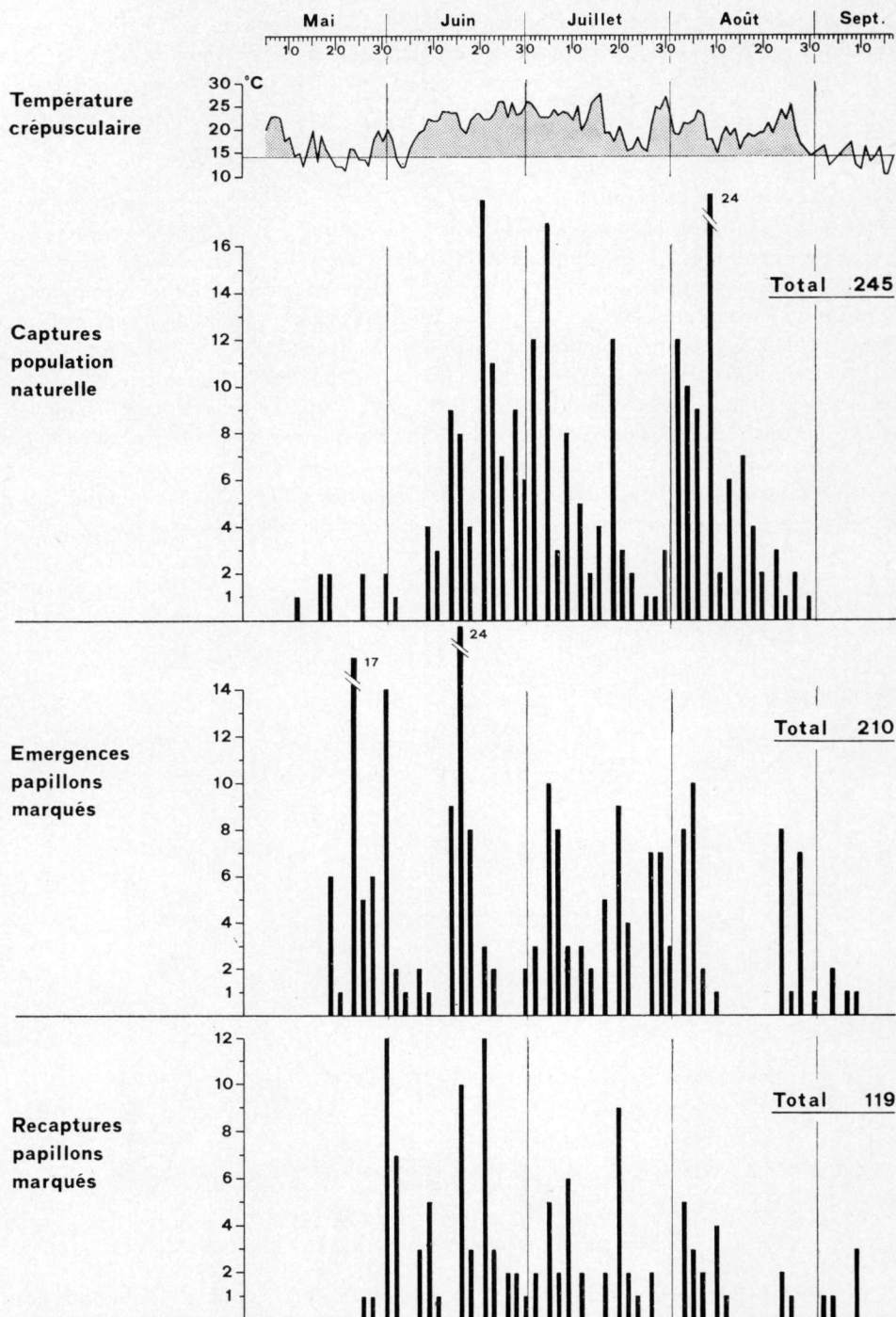


FIG. 2. — Captures de mâles de carpocapse réalisées au moyen d'un seul piège sexuel placé au centre de la parcelle 14 de Changins, en 1916. Emergences et captures des papillons marqués dans la même parcelle.

puisque'il ne tombe jamais en dessous de 33 p. 100. La présence dans la parcelle « Au Viez » de huit pièges, n'occasionne qu'une faible augmentation du taux de capture, ce qui dénote une très forte concurrence des pièges entre eux.

Taux de capture en fonction de la surface des parcelles

La figure 3 met en relation le taux de capture avec la surface pour les treize parcelles où un seul piège est en action au centre du verger. Le taux de capture diminue très légèrement avec l'augmentation de la surface mais la corrélation est très lâche puisque la pente est presque nulle. Un seul piège suffit pour échantillonner les populations de carpocapses sur des surfaces allant au moins jusqu'à 10 ha. Le rendement du piège, calculé sur les quatre années d'essai dans toutes les parcelles à un seul piège, est de 44,3 p. 100. Il monte à 45,1 p. 100 si l'on ne tient pas compte de la parcelle abandonnée « Plantaz », hébergeant une très forte population. Le taux de capture moyen est de 50,3 p. 100 dans les parcelles commerciales de moins de 1 ha ; 48,2 p. 100 de 1 ha à 3,2 ha et 37,9 p. 100 dans les vergers de plus de 3,2 ha jusqu'à 10,6 ha. Ces valeurs seront retenues, pour l'avertissement dans les conditions du Bassin Lémanique, pour toutes les plantations jouissant de conditions d'isolation suffisantes.

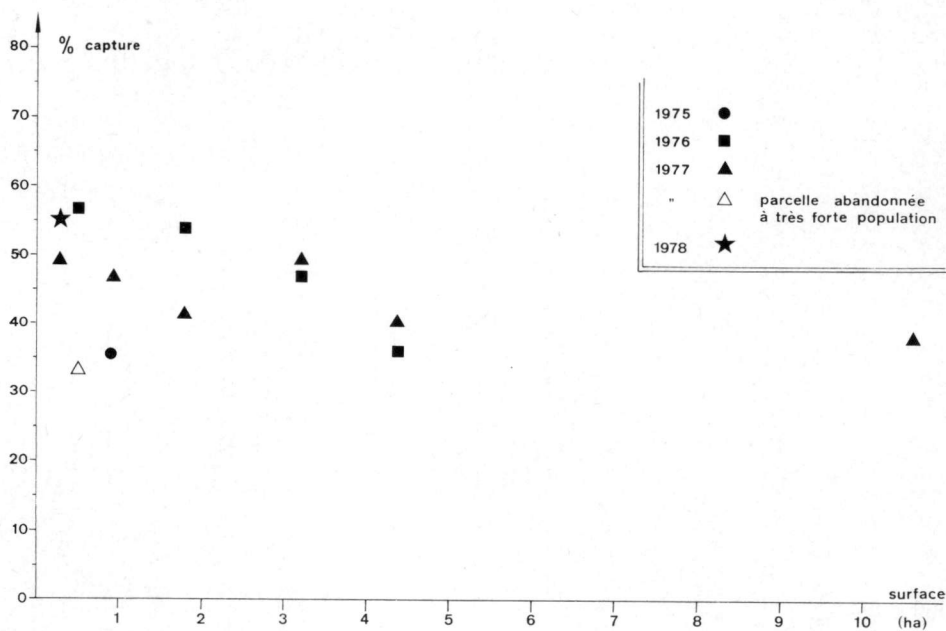


FIG. 3. — Efficacité d'un piège sexuel central en fonction de la surface des parcelles.

Influence de la météorologie sur le taux de capture

Le contrôle des pièges n'étant effectué que trois fois par semaine, il n'est pas possible de mettre en relation les captures d'une soirée avec les températures crépusculaires correspondantes. Cependant, la comparaison des résultats de 1976 et 1977, 2 années totalement différentes et représentant des extrêmes du point de vue météo-

logique, permet de tirer des conclusions générales : pour les quatre parcelles où le dispositif d'essai est rigoureusement identique lors de ces 2 années (Verex 61, Vich, Emétau et Au Viez ; tabl. 1), le taux de capture moyen passe de 51,9 p. 100 en 1976 à 50,1 p. 100 en 1977. La supériorité d'efficacité des pièges est négligeable en 1976, année exceptionnellement favorable où pratiquement chaque soir, les températures étaient optimales pour le vol. Cette surprenante constatation montre que si le seuil inférieur d'activité des papillons de 13 °C (Batiste *et al.*, 1973) est effectivement un facteur limitant de l'activité journalière, il est compensé par d'autres éléments si l'on considère la totalité de la vie des adultes. Deux hypothèses peuvent être émises à propos de cette observation : au cours de leur vie, les papillons trouvent au moins un soir favorable dont ils profitent pour répondre en masse au piège sexuel, même dans des conditions de mauvais temps, comme en 1977. Toutefois, ce qui semble beaucoup plus probable, c'est qu'en périodes défavorables, la longévité nettement supérieure des adultes compense le handicap des basses températures, ce qui laisse aux papillons pratiquement les mêmes probabilités de captures.

Evolution de l'efficacité du piège au cours de la saison

L'essai effectué en 1978 dans la parcelle 14 de Changins a été volontairement réparti en cinq périodes bien distinctes pour étudier l'évolution de l'efficacité du piège dans le temps. A cet effet, après quelques jours d'émergence des papillons issus d'un même dépôt de larves, les cartons ondulés contenant le reste des nymphes sont retirés des abris pour interrompre les émergences. Les dépôts successifs de larves sont calculés de façon qu'une nouvelle série d'émergences n'intervienne pas avant 3 semaines au moins, alors que le contrôle du piège est poursuivi régulièrement. Le tableau 2 rapporte les résultats obtenus qui, malheureusement, ne portent que sur un seul essai avec une population d'insectes marqués environ cinq fois plus nombreuse que la population naturelle. L'efficacité du piège augmente régulièrement de mai au début d'août,

TABLEAU 2

Etude de l'évolution de l'efficacité du piège au cours de la saison dans la parcelle 14 de Changins, en 1978

Période d'essai	Dates	Emergences ♂ marqués	Captures ♂ marqués	p. 100 captures	Durée moyenne de l'émergence à la capture		Captures ♂ population naturelle	Tempér. moyenne
					en jours	en degrés-jours		
1	24.5-12.6	131	39	29,8	3,1	20,4	19	18,2
2	30.6-26.7	91	49	53,9	4,6	29,2	12	17,8
3	28.7-18.8	133	90	67,8	3,5	35,2	13	18,0
4	21.8- 6.9	69	47	68,1	1,8	16,9	12	17,0
5	14.9- 9.10	58	40	69,0	4,6	20,1	2	13,2
sommes et moyennes	24.5- 9.10	482	265	55,0	3,5	26,4	58	—

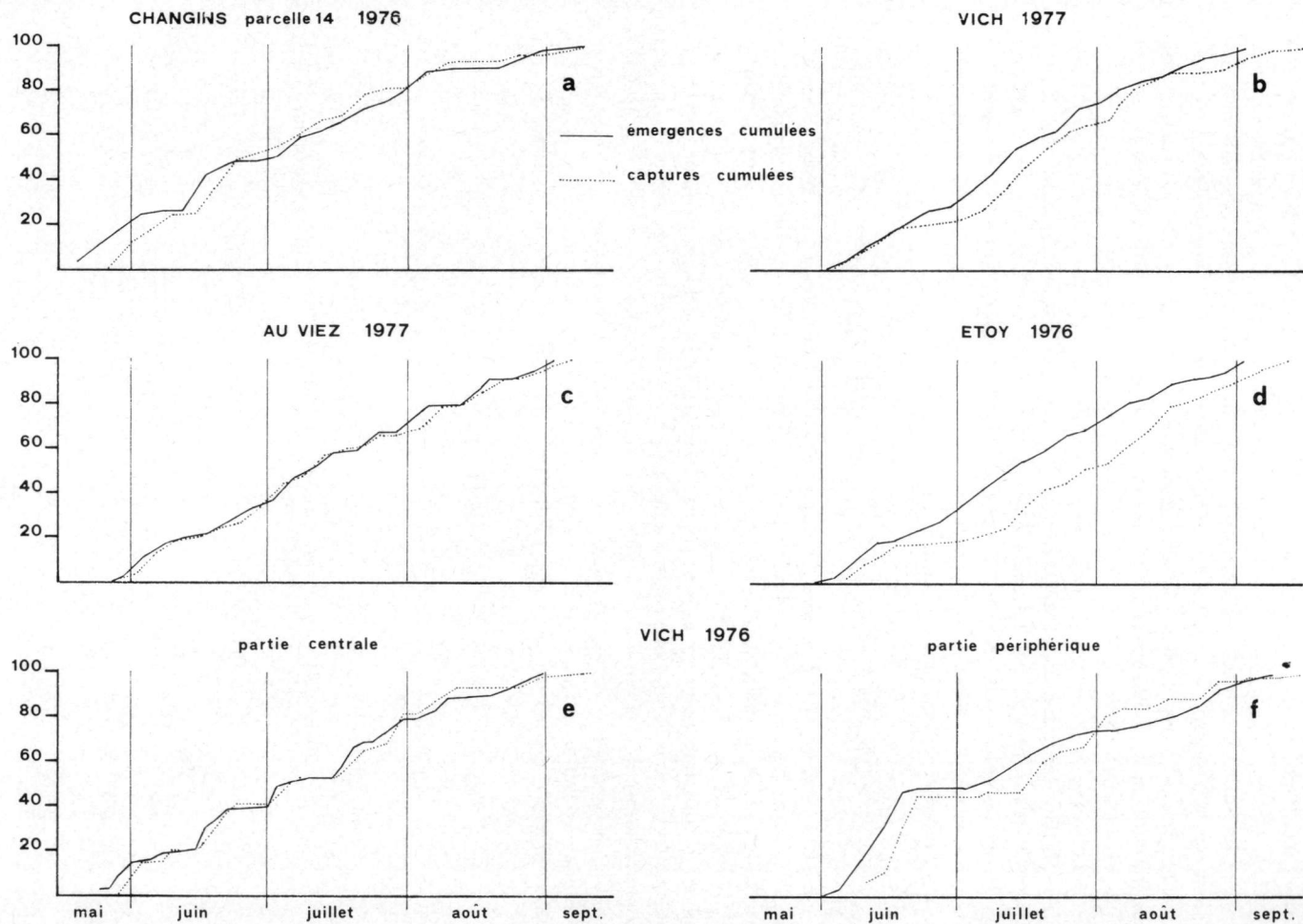


FIG. 4. — Comparaison des courbes d'émergences et de captures cumulées des insectes marqués.

puis reste constante en fin de saison. Il est intéressant de constater que le piège a un plus faible rendement durant la première période, alors que les températures journalières moyennes sont plus favorables. C'est également à ce moment-là que le vol de la population naturelle commence avec la protandrie qui devrait théoriquement éviter au piège la concurrence des femelles et contribuer ainsi à accroître son rendement. Le meilleur taux de capture est réalisé durant la cinquième période, alors que les températures moyennes sont les plus faibles. Il est vrai qu'en septembre, les jours étant plus courts, les papillons volent plus tôt dans la journée.

Il existe une autre façon d'estimer l'évolution du rendement du piège dans la saison : c'est l'examen comparé des courbes d'émergences et de captures cumulées pour les papillons marqués. Les tronçons de courbes qui sont parallèles marquent des périodes où le taux de captures est égal à la moyenne de l'année. Une pente de la courbe des captures plus forte ou, au contraire, plus faible, marque les époques où le rendement du piège est respectivement supérieur ou inférieur à la moyenne. Nous attacherons d'ailleurs plus d'importance à cette méthode qu'à l'unique essai de la parcelle 14 de Changins, en 1978, car nous disposons pour cela des résultats portant sur 4 années et seize vergers. A titre d'exemple, la figure 4a montre que pour la parcelle 14 de Changins, en 1976, la courbe des captures cumulées prend du retard sur les émergences jusqu'à la mi-juin, ce qui dénote, pendant le début du vol, un rendement du piège inférieur à la moyenne annuelle de 56,7 p. 100. Le rendement augmente en fin juin, puis reste plus ou moins constant pour la suite de la saison avec quelques fluctuations de courte durée. La figure 4b indique qu'à Vich, en 1977, le taux de captures durant le début du vol est égal à la moyenne annuelle. L'efficacité diminue du 20 juin au 5 juillet, puis est assez stable pour le reste de la saison avec, toutefois, une variation peu importante en août. A Etoy, en 1977 (fig. 4d), le rendement, durant la première partie du vol, est supérieur à la moyenne annuelle. En considérant toutes les parcelles d'essais, nous constatons que le taux de captures fluctue un peu selon les vergers, les années ou les périodes et qu'il n'y a pas de supériorité systématique de l'efficacité durant la phase protandrique du début de vol. Le rendement du piège sexuel à carpo-capse peut donc être considéré comme relativement constant durant toute la saison, au moins pour les besoins de l'avertissement.

Distance de déplacement et âge des papillons capturés

Dans les plus grandes parcelles, les deux types de mâles marqués (mutants gris et marquage interne rouge) sont déposés chacun dans six abris, soit dans la partie centrale, soit dans la partie périphérique du verger, afin d'étudier le taux de capture en fonction de la distance moyenne entre les lieux d'émergence et le piège. Des tests parallèles ont montré que les deux types d'insectes marqués répondent de façon identique au piège. Le tableau 3 résume les résultats obtenus. Il est très surprenant de constater qu'il n'y a pas de relation très étroite entre la distance et le taux de capture. Pour l'ensemble de ces essais 42,7 p. 100 des papillons de la partie centrale sont pris, alors que la distance moyenne du lieu d'émergence au piège est de 65,4 m. L'efficacité du piège est pratiquement la même pour les insectes émergeant dans la partie périphérique puisqu'elle atteint encore 39,7 p. 100, bien que la distance moyenne soit de 116,4 m. Ceci démontre qu'un piège placé au centre du verger échantillonne de façon quasi identique toute l'entité culturale à disposition.

TABLEAU 3

Taux de captures en fonction de la distance du point d'émergence au piège

Année	Parcelles	Surface (ha)	Partie centrale du verger				Partie périphérique du verger			
			nombre émergences	nombre captures	p. 100 captures	distance moyenne (m)	nombre émergences	nombre captures	p. 100 captures	distance moyenne (m)
1976	Vich	3,2	259	140	54,1	47	177	64	36,2	93
1976	Emétaux ..	4,4	185	58	31,4	65	290	112	38,6	106
1977	Vich	3,2	202	89	44,1	47	173	94	54,3	93
1977	Emétaux ..	4,4	172	68	39,5	65	182	74	40,7	106
1977	Etoy	10,6	406	167	41,1	103	394	139	35,3	184
Totaux et moyennes :			1 224	522	42,7	65,4	1 216	483	39,7	116,4

Par contre, le laps de temps qui s'écoule avant la capture varie sensiblement selon la distance du lieu d'émergence au piège. L'essai de 1978 dans la parcelle 14 de Changins (tabl. 2) montre qu'en moyenne les papillons ont mis 3,5 jours (ou 26,4 degrés-jours) avant de se faire capturer. Avec huit pièges par parcelle ce laps de temps est encore sensiblement réduit comme l'illustre la figure 4c, alors qu'il varie entre 10 et 15 jours dans un grand verger de 10,6 ha avec un seul piège au centre (fig. 4d). Les figures 4e et 4f montrent nettement que le décalage entre l'émergence et les captures s'accroît dans une même parcelle selon que les insectes viennent du centre ou de la périphérie. Ces constatations sont également confirmées par toutes les parcelles pour lesquelles nous n'avons pas effectué de représentation graphique dans le cadre de cet article.

Influence de la densité de population sur le rendement des pièges

Les populations larvaires ont été estimées au moyen de quarante bandes-pièges de carton ondulé par parcelle (Audemard, 1974). Dans les vergers commerciaux, le nombre de carpocapses varie entre 0,07 et 1,02 larves diapausantes par arbre, ce qui conduit à des populations hivernantes de quarante à mille individus par ha si l'on admet que la moitié des larves se réfugient dans les bandes-pièges et si l'on tient compte des densités de plantation. L'examen de ces données ne fait pas apparaître de relation entre l'efficacité du piège et la densité de population. Dans la parcelle non traitée « Plantaz », le rendement légèrement plus faible du piège peut être attribué à la concurrence que les femelles exercent vis-à-vis de l'attractif synthétique (fig. 3). Pourtant, ce verger hébergeait une population hivernante estimée à plus de quinze mille larves par ha. Signalons encore que le nombre de mâles marqués lâchés dans ces essais était en moyenne égal aux mâles de la population naturelle.

Conclusions

Ces expériences montrent l'énorme puissance de capture des pièges à attractif sexuel synthétique pour le carpocapse. Ils confirment que la multiplication du nombre de pièges par unité de surface provoque des phénomènes d'interférence et de compétition qui compliquent l'interprétation des prises pour l'avertissement. Les insectes ne recherchent pas nécessairement le piège immédiatement après l'émergence. L'étude du rendement du piège en fonction de la distance et du décalage entre l'émergence et la capture montre qu'au cours de leurs nombreux déplacements à l'intérieur de la culture, les papillons passent de temps à autre dans le champ d'action du piège et entreprennent alors la phase d'approche. La météorologie semble n'avoir que très peu d'influence sur la capture d'un papillon, car l'accroissement de la longévité compense les mauvaises conditions. Pour l'avertissement, on peut admettre que le rendement du piège est pratiquement constant durant toute la saison, mais il faut être conscient qu'il peut y avoir un décalage assez important entre l'émergence et la capture par mauvais temps ou dans les très grandes parcelles. Le taux de capture de 40 p. 100 à 50 p. 100 des papillons mâles peut être utilisé pour évaluer les populations réelles d'adultes. Cependant, ce calcul n'est valable que dans les parcelles suffisamment isolées. En effet, la présence de sources d'infestation importantes à l'extérieur du verger contribue à accroître les captures au piège sexuel ce qui conduit à une surestimation de la menace, car les femelles n'accompagnent pas nécessairement les mâles dans leurs déplacements. On peut certainement remédier à cet inconvénient en plaçant des pièges supplémentaires à l'extérieur du verger, dans le foyer d'infestation, de façon à éviter l'immigration des mâles, comme le préconisent Vakenti et Madsen (1976).

Reçu pour publication en décembre 1979.

Remerciements

Nous remercions vivement MM. Manl et Th. Wildbolz, de la Station de Recherches de Wädenswil qui ont mis à notre disposition une grande partie des insectes marqués nécessaires à la réalisation de cette expérimentation.

Notre gratitude va également à MM. J. Stahl et D. Deriaz pour l'élaboration des figures.

Summary

Efficiency of codling moth (Laspeyresia pomonella L.) trap baited with synthetic sex attractant

The efficiency of a sex trap for codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) has been studied in the Western part of Switzerland from 1975 to 1978 in sixteen apple orchards their surfaces vary from 0.3 ha to 10.6 ha.

Male larvae of codling moth tagged by internal coloration and male larvae of a mutant strain with a uniform grey coloration of the wings are deposited in artificial shelters distributed at regular intervals throughout the trial orchards. The emergence of moths is thus synchronized with those of the natural population. The accurate number of males which have left the shelters is determined by counting the exuviae.

A single trap which is placed at the geometric center of the orchard, captures 40 p. 100 to 50 p. 100 of the males regardless of the plantation size. Meteorological factors have practically no effect on the effectiveness of the trap because, in bad conditions, the life duration of the moths is much longer and, finally, they find favorable conditions to respond to the attractant. The trap efficiency is relatively constant during all the season. The mean duration between emergence and catch increases by bad weather and also in big orchards. Sex trap is an accurate and powerful forecasting mean for isolated orchards. A single trap is able to sample codling moth populations up to 10 ha.

Références bibliographiques

- AUDEMARD H., 1974. La lutte dirigée en vergers de pommiers. Possibilités d'aménagement de la lutte chimique contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en France. *Bull. tech. Inf.*, **290**, 455-465.
- AUDEMARD H., 1979. Le piégeage du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse Dodécadiène 8-E, 10-E-ol, dans la prévision du risque et la lutte dirigée en vergers de pommiers. *Def. veg.*, **195**, 29-43.
- BAGGIOLINI M., CHARMILLOT P. J., FIAUX G., DELLEY B., 1974. Possibilités pratiques d'emploi des attractifs sexuels synthétiques dans les vergers. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **6**, 57-61.
- BATISTE W. C., OLSON W. H., BERLOWITZ A., 1973. Codling moth : influence of temperature and daylight intensity on periodicity of daily flight in the field. *J. econ. Entomol.*, **66**, 883-892.
- CHARMILLOT P. J., 1977. Carpocapse des pommes (*Laspeyresia pomonella* L.) Contribution à l'étude de l'efficacité des pièges à attractif sexuel synthétique. *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, **50**, 37-45.
- CHARMILLOT P. J., BAGGIOLINI M., FIAUX G., 1975. Les phéromones en lutte intégrée, cas du carpocapse. *C. R. 5^e Symp. Lutte Intégrée en vergers OILB/SROP*, 303-313.
- CHARMILLOT P. J., ROSSET S., 1977. Production d'un mutant gris du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, **50**, 35-36.
- MADSEN H. S., MYBURGH A. C., RUST D. J., BOSMAN I. P., 1974. Codling Moth (Lepidoptera : Olethreutidae) ; correlation of male sex attractant trap captures and injured fruit in South African apple and pear orchards. *Phytophylactica*, **6**, 185-188.
- MANI E., RIGGENBACH W., MENDIK M., 1974. Tagesrhythmus des Falter fangs und Beobachtungen über die Flugaktivität beim Apfelwickler (*Laspeyresia pomonella* L.). *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, **47**, 39-48.
- MANI E., WILDBOLZ T., 1975. Über den Einsatz der Pheromonfalle in der Apfelwicklerprognose. *Schweiz. Z. Obst.-Weinbau*, **14**, 315-360.
- MINKS A. K., 1975. Biological aspects of the use of pheromones in integrated control with particular reference to the summerfruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*. *C. R. 5^e Sym. Lutte intégrée en vergers, OILB/SROP*, 295-302.
- RIEDL H., CROFT B. A., 1974. A study of pheromone trap catches in relation to codling moth (Lepidoptera : Olethreutidae) damage. *Can. Entomol.*, **106**, 527-537.
- ROELOFS W. L., COMEAU A., HILL A., MILICEVIC G., 1971. Sex attractant of the codling moth : Characterization with the electroantennogram technique. *Science*, **174**, 297-299.
- TOUZEAU J., 1975. Les phéromones sexuelles des insectes. Perspectives de leur utilisation pratique en arboriculture et en viticulture. *Phytoma*, **266**, 17-23.
- VAKENTI J. M., MADSEN H. F., 1976. Codling moth (Lepidoptera : Olethreutidae) : monitoring populations in apple orchards with sex pheromone traps. *Can. Entomol.*, **108**, 433-438.
- WALL C., PERRY J. N., 1978. Interactions between pheromone traps for the pea moth, *Cydia nigricana* F. *Entomol. exp. appl.*, **24**, 155-162.

Etude expérimentale au moyen d'une phéromone de synthèse du piégeage et de la dispersion de mâles marqués de *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae)

R. CAUSSE et M. FERON

avec la collaboration technique de J. BARTHES

Station de Zoologie
Centre de Recherches d'Avignon, I.N.R.A.,
Domaine St-Paul Cantarel, 84140 Montfavet

Résumé

L'activité de vol de mâles du Carpocapse venant de la nature ou d'élevage a été étudiée par des lâchers-recaptures avec des pièges à phéromone dans un verger de pommiers de 2 ha. Diverses conclusions ont pu être apportées concernant l'influence de certains facteurs : âge des papillons, origine, nombre, irradiation. L'influence de la présence ou non de pièges à phéromones a été montrée. La discussion porte sur le caractère aléatoire de tous résultats obtenus à partir de pièges qui interviennent eux-mêmes dans le comportement de l'insecte.

Introduction

La connaissance de la capacité de dispersion par vol des adultes de Carpocapse dans un verger de pommiers est nécessaire pour une bonne interprétation des résultats de différentes méthodes de lutte. Elle est indispensable lorsque la méthode employée fait appel aux lâchers d'insectes comme dans la lutte par lâchers de mâles stériles (Audemard *et al.*, 1976).

Les travaux rapportés ici avaient pour but de comparer le comportement de vol de papillons soit de souches sauvages, soit d'élevages permanents, ayant subi ou non une irradiation aux rayons gamma.

Nous avons utilisé pour cela la méthode de lâchers d'insectes et reprise par piégeage sexuel avec phéromone de synthèse. Nous verrons, à l'examen de nos résultats, à quel point cette méthode, utilisée de façon classique par de nombreux auteurs, est critiquable, et la prudence avec laquelle il faut en tirer des conclusions.

Matériel et méthodes

Nous n'avons utilisé que des papillons mâles sexés individuellement à l'état d'imago. Les insectes dits « de la nature » sont issus de larves récupérées l'année précédente dans des bandes pièges et conservées sous abri insectarium ; les insectes de labo-

ratoire sont élevés individuellement sur milieu artificiel (Sender, 1969, 1970). Les mâles irradiés ont reçu à l'état adulte une dose de 40 Krad, au moyen d'un irradiateur au ^{60}CO de 1 800 curies. Cette opération est effectuée le matin ou en début d'après-midi, Pristavko (1973) ayant en effet noté une diminution notable de la durée de vie de ces insectes en les irradiant pendant leur période d'activité et surtout entre 21 h et 1 h. Les pièges utilisés sont des pièges cylindriques à déflecteur horizontal préconisés par le groupe de travail sur le Carpacapse et l'Adoxophies de l'OILB/SROP ; ils ont été disposés à raison de vingt-et-un en 1974 et de sept en 1975, dans un verger de 330 m sur 60 m (soit 2 ha environ) contenant mille deux cent trois arbres. Deux pièges ont été installés à l'extérieur, dans une parcelle de pêchers située au sud du verger de pommiers et séparée de celle-ci par une haie de peupliers.

Le marquage est effectué dans la plupart des cas au moyen « de poudres fluorescentes »⁽¹⁾. Les couleurs utilisées ont été le « Blaze orange » F 15 S et le « signal green » F 18 S qui, bien que présentant quelques inconvénients (diminution de longévité), sont censés ne pas réduire la réponse des mâles aux phéromones, d'après l'étude comparative de ces différentes poudres faite par Moffitt et Albano (1972). Nous avons utilisé accessoirement la Rhodamine B et le bleu de méthylène.

Les papillons sont toujours lâchés 1 h environ avant le coucher du soleil observé, c'est-à-dire entre 17 h 30 et 19 h 30, heure locale selon l'époque. Précisons que tout l'élevage a été réalisé en photopériode naturelle, ce qui permet d'éviter la période d'adaptation jugée nécessaire par certains auteurs (Charmillot, 1977).

Enfin, sont à signaler trois points particuliers qui font surtout l'originalité de notre méthode expérimentale :

— Les nombres totaux de papillons utilisés pour chaque lâcher sont volontairement très faibles, 60 à 80 en moyenne, 140 au maximum.

— Les lâchers proprement dits sont effectués avec un soin très particulier et nous nous assurons de l'envol correct de tous les individus. Pour chaque essai, quelques insectes en réserve correspondant exactement aux catégories lâchées, sont destinés à remplacer le ou les papillons qui s'envoleraient difficilement ou tomberaient au sol : ces derniers étant aussitôt éliminés.

— Les pièges ne sont installés dans le verger que le lendemain du lâcher (sauf expériences faites précisément pour étudier l'influence du jour de pose des pièges).

Résultats obtenus

I. — Etude du taux de recapture

A. — Comparaison insectes d'élevage-insectes de la nature.

Les résultats globaux des neuf lâchers de 1974 et des quatre lâchers de 1975 sont présentés dans le tableau 1. Le taux moyen de recapture est significativement plus élevé en faveur des insectes d'élevage, ceci étant vérifié pour douze lâchers sur treize.

Une autre différence importante apparaît si l'on compare les résultats des 2 années ; en effet, les taux de recapture en 1975 sont beaucoup plus faibles que ceux

⁽¹⁾ Poudres fluorescentes Day-Glo, dynamized daylight fluorescent pigment. Day Glo color corp., Switzer brothers, Cleveland, Ohio.

TABLEAU 1

Taux de recapture et distances de vol parcourues par des papillons mâles de carpocapse issus de la nature et d'élevage âgés tous deux de 1 à 2 jours au moment du lâcher

	1974 (vingt-et-un pièges)		1975 (sept pièges)	
	Nature	Elevage	Nature	Elevage
Nombre de lâchers	9	9	4	4
Nombre de papillons lâchés	151	151	263	263
Nombre moyen de papillons par lâcher.	16,8 (13 à 20)	16,8 (13 à 20)	65,7 (62 à 70)	65,7 (62 à 70)
Nombre total de papillons recapturés .	67	93	65	113
Taux moyen de recapture	45 (26,6 à 61,5)	61,6 (40 à 76,9)	24,9 (18,6 à 33,9)	43,2 (35,4 à 58)
Distances moyennes parcourues en m .	34,2 (16 à 167)	44,6 (16 à 167)	72,1 (18 à 153)	63,4 (18 à 153)
Nombre moyen de jours de recapture ..	5,7 (2 à 11)	6 (2 à 11)	7,7 (2 à 13)	8 (2 à 15)

de 1974. Le nombre des pièges n'étant pas le même dans les deux cas, il semble à première vue que cette différence soit due à ce facteur. Mais par comparaison avec d'autres lâchers d'insectes d'élevage du même âge, effectués soit en 1974, soit en 1975, et servant de témoins pour d'autres expérimentations, il s'avère que ce taux de recapture varie encore au sein d'une même année avec un même nombre de pièges. Ceci nous a permis de mettre en évidence une autre corrélation qui fait l'objet du paragraphe suivant.

Notons en outre que les distances moyennes indiquées sont calculées d'après les nombres d'insectes capturés par piège, mais que dans tous les cas nous avons capturé des insectes jusqu'au dernier piège.

B. — Taux de recapture en fonction du nombre d'insectes utilisés par lâcher.

Si l'on étudie les taux de recapture en fonction du nombre d'insectes lâchés à chaque essai, on s'aperçoit qu'il existe entre ces deux facteurs une relation qui paraît être linéaire. Le rendement des pièges apparaît comme inversement proportionnel au nombre de papillons utilisés par lâcher. Nous retrouvons la même corrélation entre ces deux facteurs en 1974 pour des nombres moyens d'insectes par lâcher de 16,8 et 30 (tabl. 1 et 2) et en 1975 pour des nombres de 50 et 65,7 (tabl. 1 et 3), bien que le nombre de pièges dans le verger soit différent d'une année à l'autre.

Ces données nous permettent d'établir le graphique de la figure 1 ; nous obtenons sensiblement une droite mettant en évidence cette relation linéaire. Si nous ajoutons sur le même graphique les deux données correspondant aux insectes de la nature, nous obtenons (en admettant ce qui est hautement probable, que la relation soit encore linéaire), une autre droite parallèle à la précédente mais simplement décalée en valeur absolue.

TABLEAU 2

Taux de recapture et distances de vol parcourues par des papillons mâles de carpocapse d'élevage âgés respectivement de 1 à 2 jours et de 3 à 8 jours au moment du lâcher (dispositif à 21 pièges)

Age des insectes	1 à 2 jours	3 à 8 jours
Nombre de lâchers	6	6
Nombre de papillons lâchés	180	180
Nombre de papillons par lâchers	30	30
Nombre total de papillons recapturés	103	42
Taux moyen de recapture	57,2 (46,6 à 70)	23,3 (13,3 à 36,6)
Distances moyennes parcourues en m	48,3	37
Nombre moyen de jours de recapture	7,3 (2 à 16) (2 à 16)	4,3 (2 à 11)

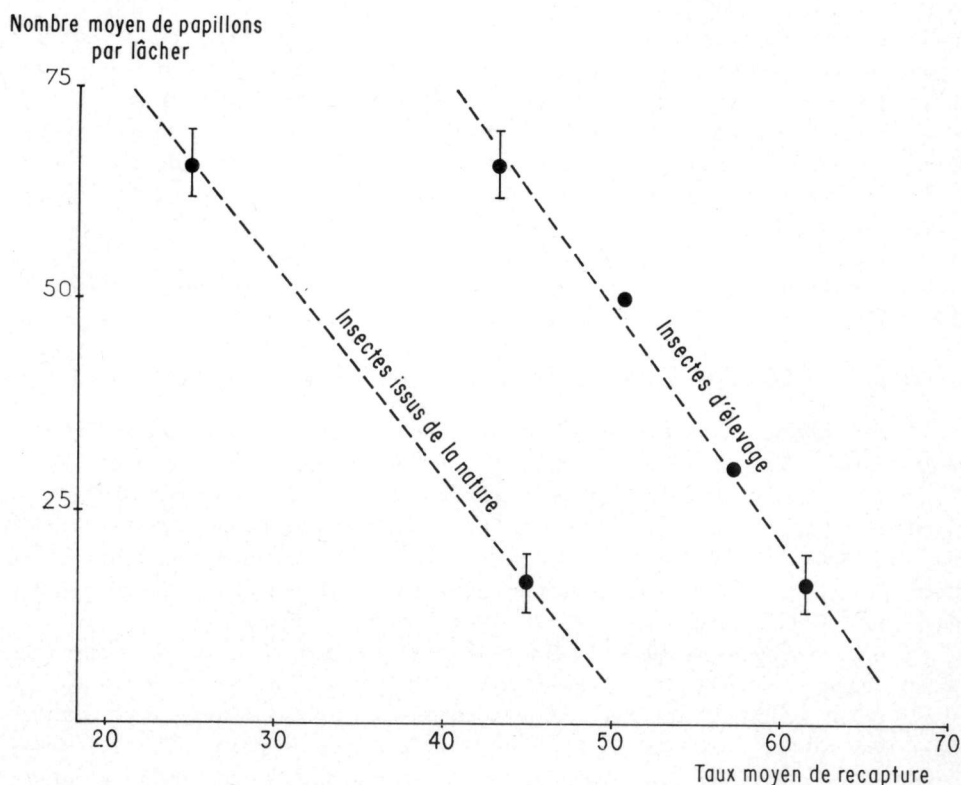


FIG. 1. — Taux moyen de recapture en fonction de l'origine et du nombre de papillons utilisés à chaque lâcher.

Ce dernier point illustre et confirme le résultat précédent tout en le spécifiant, à savoir que le taux de recapture des insectes d'élevage est plus élevé que celui des insectes de la nature, dans la mesure où tous les autres facteurs et conditions expérimentales sont strictement identiques.

Corrélativement, toutes les captures provenant de la population sauvage ont été relevées durant toute la durée des expérimentations, c'est-à-dire du 13 mai au 22 octobre en 1974 et du 21 mai au 15 octobre en 1975. Nous avons ainsi piégé trois cent cinquante-deux papillons en 1974 et trois cent trente-trois en 1975 dans le verger soumis aux mêmes conditions phytosanitaires. Ces deux chiffres relativement voisins tendent à prouver que le nombre de pièges n'intervient pas sur les quantités de captures (insectes sauvages ou lâchés) tout au moins dans les limites utilisées, c'est-à-dire de sept ou vingt-et-un pièges pour la parcelle expérimentale.

C. — *Taux de recapture en fonction de l'âge des insectes lâchés. Mâles non accouplés ou accouplés.*

Les chances de recapture varient très fortement en fonction de l'âge des papillons lâchés ; nos résultats qui ne portent que sur des insectes d'élevage sont résumés dans le tableau 2. Ce taux de recapture passe en effet de 57,2 p. 100 pour ces imagos âgés de 1 à 2 jours à 23,3 p. 100 pour des imagos âgés de 3 à 8 jours.

Nous avons vérifié d'autre part que les mâles répondaient à la phéromone qu'ils aient été accouplés ou non. Sur trois lâchers d'un total de trente mâles d'élevage âgés de 3 jours et normalement accouplés (vérification par dissection des femelles) nous avons repris huit individus, soit 26,6 p. 100.

D. — *Taux de recapture des insectes irradiés.*

Pour des insectes d'élevage âgés de 1 à 2 jours, irradiés à l'état adulte avec des doses stérilisantes de 40 000 Rad, le taux de recapture ne présente pas de différence significative comparé à celui d'insectes témoins du même âge.

TABLEAU 3

Taux de recapture et distances de vol parcourues par des papillons mâles de carpocapse d'élevage âgés de 1 à 2 jours irradiés à 40 Krad (dispositif à 7 pièges)

	Irradiés	Témoins
Nombre de lâchers	5	5
Nombre total de papillons lâchés	250	250
Nombre de papillons par lâchers	50	50
Nombre total de papillons recapturés	124	127
Taux moyen de recaptures	49,6 (40 à 60)	50,8 (46 à 58)
Distances moyennes parcourues en m	61,6	64,9
Nombre moyen de jours de recapture	6,5 (2 à 11) (2 à 11)	6,7 (2 à 10)

Il en est de même d'ailleurs pour les distances moyennes parcourues, ainsi que pour la longévité des individus, dans la mesure où le nombre de jours de recapture peut servir à caractériser ce facteur (tabl. 3).

E. — Mâles à antennes sectionnées.

Nous avons fait trois lâchers d'un total de soixante-huit mâles dont les antennes avaient été sectionnées aux ciseaux fins à ras de la tête. Il en a été repris quatorze dans les pièges, soit 20,5 p. 100. Ce résultat est surprenant, les sensilla récepteurs étant situés en principe sur les antennes seulement, et l'opération étant de toutes façons assez traumatisante.

II. — Comportement de vol

Au moment de chaque lâcher, le comportement de vol des papillons a été noté. Ces observations ont d'ailleurs été facilitées par le fait que nos insectes sont libérés presque individuellement et que le vol du carpocapse est un vol assez lent et en zig-zag permettant de suivre des yeux les individus assez longtemps. Comme de nombreux auteurs nous ne pouvons que confirmer ce comportement décrit pour la première fois par Borden en 1931.

Dès qu'ils sont libérés, à une hauteur de 1,5 m environ, les papillons s'envolent de part et d'autre de leur point de lâcher en suivant les rangées d'arbres, c'est-à-dire soit à l'est, soit à l'ouest dans le cas de notre verger. Rares sont les papillons qui effectuent des vols ascensionnels dès le départ ; au contraire ils ne s'élèvent en altitude que très progressivement en suivant les rangées d'arbres ou en effectuant deux ou trois vols circulaires entre les arbres d'une même rangée.

Ce n'est que lorsqu'ils ont atteint la couronne supérieure des arbres, que le vol peut s'effectuer indépendamment des rangées d'arbres et dans certains cas nous avons pu observer des orientations vers les très hauts peupliers formant les haies brise-vent au nord et au sud du verger (le plus souvent vers le sud à cause du vent dominant de la région provenant du nord-nord-ouest).

Ceci paraît en accord avec les observations de Mani *et al.* (1974) qui indiquent que les Carpocapses sont attirés de loin par les silhouettes sombres de grands arbres, bouquets d'arbres ou bordures de forêts. Ces auteurs ont décrit le comportement de vol de deux papillons qu'ils ont pu suivre sur une centaine de mètres avant que ceux-ci ne se dirigent vers un grand poirier se détachant nettement dans le ciel.

Compte tenu de l'heure de nos lâchers, la plupart des papillons n'effectuent que des vols de très courtes distances et rejoignent les arbres les plus proches. Ils atteignent les feuilles où ils se posent, passent très rapidement à la face inférieure plus ombragée de celles-ci et après avoir effectué un demi-tour complet de façon à garder leur tête près du bord de la feuille, ils replient leurs antennes le long du corps et s'immobilisent.

Malgré de nombreuses observations aucun phénomène d'orientation en fonction du soleil n'a pu être mis en évidence. Par contre le vent a fortement tendance à orienter le vol dans la même direction.

III. — Dispersion, influence des pièges

On doit logiquement s'attendre à ce que la présence des pièges influe sur le vol des insectes. Cette idée simple nous fait mettre en doute tous résultats d'étude de dispersion basée sur la présence de pièges dans un verger ; il fallait le vérifier.

Nous avons donc procédé d'une part à des lâchers d'insectes alors que les pièges étaient déjà en place, d'autre part à des lâchers en l'absence de pièges, ceux-ci n'étant mis en place que le lendemain du lâcher.

Les résultats sont traduits dans la figure 2 qui illustre bien le problème posé. Lorsque les pièges étaient en place avant le lâcher, les captures ont été très fortes dans les pièges les plus proches du point de lâcher et la dispersion dans l'ensemble du verger a été très faible. Nos résultats concordent avec ceux de Granham (1973) en Angleterre, dans des conditions expérimentales comparables.

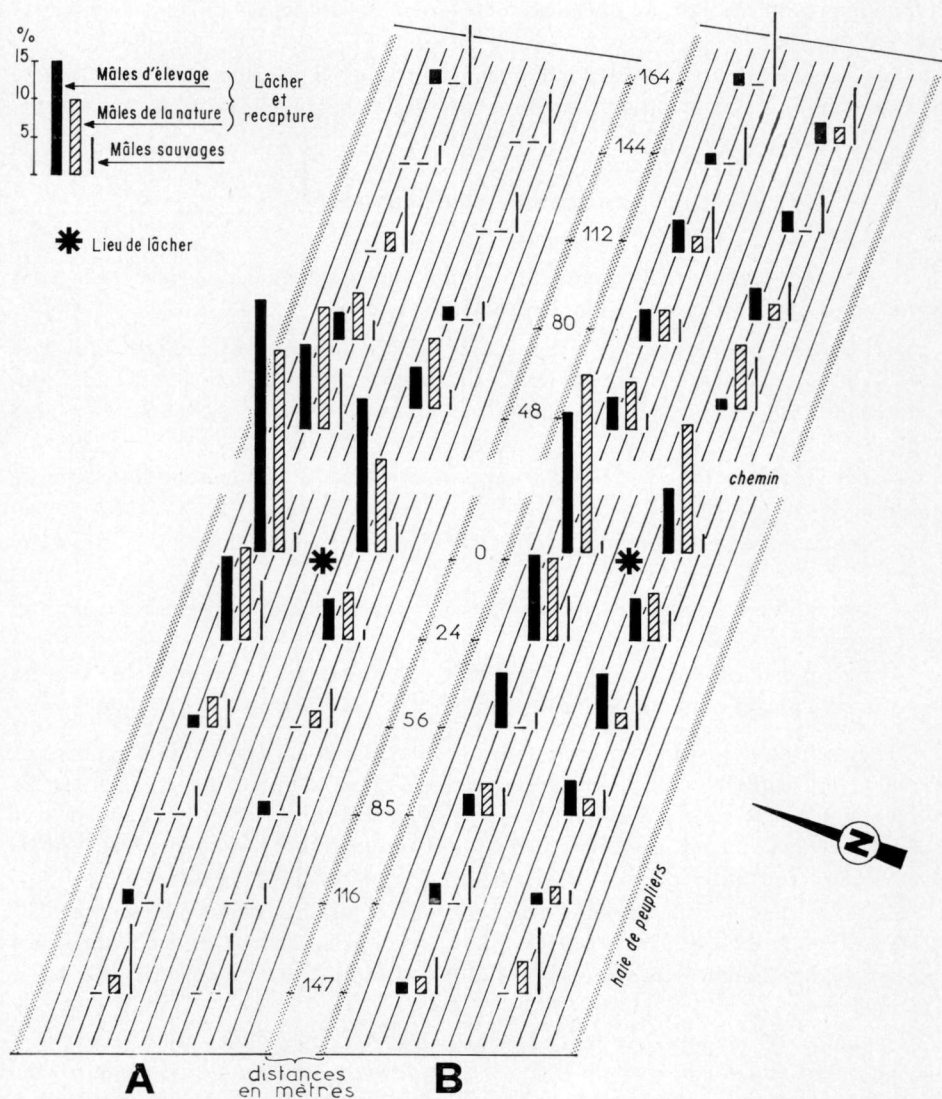


FIG. 2. — Répartition moyenne des captures. A. — Pièges en place au moment des lâchers ; B. — Pièges installés 24 heures après les lâchers.

Par contre, lorsque les pièges ont été mis en place le lendemain du lâcher les captures montrent une bonne répartition des insectes dans la totalité du verger, classiquement décroissante à partir du point de concentration initial.

Dans les deux cas, la répartition des captures des insectes sauvages (naturellement présents dans le verger) ne montre aucune tendance à l'aggrégation, ce qui confirme la valeur de nos résultats expérimentaux.

Signalons enfin que deux lâchers de mâles d'élevage ont été effectués à une centaine de mètres au sud du verger expérimental, dans le verger de pêcheurs qui le borde. Sur cinquante mâles, dix-sept ont été repris dans les pièges du verger expérimental, probablement attirés par la phéromone (éventuellement aussi un facteur attractif propre au pommier).

L'âge des insectes paraît aussi influencer sur leur capacité de dispersion. Les mâles de 1 à 2 jours ont montré une meilleure dispersion (tabl. 2) que les mâles de 3 à 8 jours.

Conclusions et discussion

Nos expériences de lâchers et recapture de mâles marqués de *L. pomonella* nous permettent d'apporter les indications résumées suivantes :

— L'âge des papillons influe fortement sur les résultats obtenus. Les individus âgés de 1 à 2 jours présentent en effet des taux de recapture, des distances de vol et des longévités significativement supérieures à ceux observés pour les individus âgés de 3 jours et plus.

— Les pièges à phéromone capturent plus d'insectes d'élevage que d'insectes de la nature.

— Le taux de recapture est inversement proportionnel au nombre d'insectes lâchés.

— Les mâles d'élevage irradiés à 40 Krad ont le même comportement que les mâles normaux.

— La répartition des captures dans un verger n'est pas la même selon que les pièges ont été placés avant le lâcher ou après.

De nombreux travaux ont été publiés ces dernières années sur le Carpopapse, portant en particulier sur les différents points que nous avons nous-mêmes abordés. Ce qui frappe à leur lecture, c'est l'hétérogénéité et parfois la contradiction apparaissant dans les résultats obtenus, ce qui montre que ces résultats sont liés à toute une série de facteurs dont certains sont connus et pris en compte et d'autres non.

L'âge des papillons est précisé par certains auteurs qui comme Howell et Cliff (1974) ou White et Hutt (1975) ont pris la précaution de choisir des individus de 1 à 3 jours au moment du lâcher, mais sans indiquer la raison de ce choix. D'autres, ne le précisent pas.

La comparaison entre insectes d'élevage et insectes de la nature est, bien entendu, faite par différents auteurs, étant donné l'importance prévisible de ce facteur. Mais Moffitt (1975) obtient des recaptures identiques alors que White et Hutt (1975) trouvent, contrairement à nos résultats, 53 p. 100 de recapture pour les mâles d'élevage et 70 p. 100 pour ceux de la nature. Mani *et al.* (1975) éclairent un aspect de ce problème

en montrant que les captures sont égales en conditions climatiques optimales et plus importantes pour les mâles de la nature en conditions défavorables (froid et humidité).

Il est certain d'autre part qu'on ne peut établir de relation précise entre la population présente (naturelle ou introduite), le nombre de pièges et le nombre de captures. Nous avons montré que plus on lâche d'insectes, plus faible est le taux de recapture (en rappelant que nous avons travaillé sur des faibles nombres d'insectes, pour être plus proches des conditions normales de populations dans les vergers commerciaux). Différents auteurs, Howell (1974) par exemple, montrent que lorsque les populations deviennent importantes, les pièges capturent proportionnellement de moins en moins d'insectes. Il en est de même si l'on augmente, pour une population donnée relativement faible, la densité des pièges (Charmillot, 1977, Audemard *et al.*, 1979). Dans le premier cas on peut penser que joue la concurrence des nombreuses femelles émettrices de phéromone. Dans le second cas, l'augmentation du nombre de pièges doit arriver à établir un phénomène de confusion.

Nos résultats concernant la comparaison entre mâles irradiés ou non sont en accord avec ceux de Mani (1973). Par contre des résultats contraires sont signalés par Fossati *et al.* (1971) et White et Hutt (1975), ces derniers auteurs analysant différentes situations et faisant apparaître des réponses très diverses des insectes, ce qui montre encore à quel point ces types d'expériences sont difficiles à interpréter.

Quant aux distances parcourues par les papillons, particulièrement les mâles du *Carpocapse*, on trouve un assez grand nombre de travaux récents basés précisément sur l'emploi des pièges à phéromones. Nous négligerons les indications de records de distance (11 km et plus, Butt, 1970, Mani et Wildbolz, 1977, etc...) liées généralement au franchissement d'un espace sans arbres attractifs, et souvent avec l'aide du vent. Mais dès que l'on aborde les études de déplacements dans les vergers (ou à proximité) on ne peut qu'exprimer de fortes réserves sur des résultats obtenus à l'aide de pièges à phéromone. On ne peut affirmer que les insectes ont volé indépendamment des pièges ; ceux-ci pouvant agir de deux façons, soit en attirant les papillons là où ils ne seraient pas allés, soit au contraire en les arrêtant dans leur vol. Notre expérience très simple (fig. 2) illustre cet aspect critique des études de dispersion.

Les différences de capacité de vol entre insectes de 1 à 2 jours et ceux de 3 jours et plus vient encore ajouter un facteur d'incertitude dans l'interprétation. Il faudrait pouvoir connaître la part que l'on doit attribuer à une différence de vigueur et celle, peut-être tout aussi importante, due à une différence d'intensité de réponse à la phéromone.

En conclusion nous serons d'accord avec Howell (1974) et Charmillot (1977) qui soulignent le grand nombre de facteurs pouvant influencer sur la réponse à des pièges à phéromone. Facteurs dus à l'insecte : population d'origine, âge, densité de population, compétition entre sauvages, naturels ou d'élevage, séquences de comportement sexuel. Facteurs dus aux pièges : qualité de la phéromone, diffusion, type de piège, emplacement, densité. Facteurs d'environnement : nature du verger, conditions climatiques. C'est pourquoi il faut examiner avec prudence les résultats d'études de comportement d'insectes dans la nature conduits au moyen de pièges attractifs, quels qu'ils soient, particulièrement les pièges sexuels.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Experimental study by a synthetic pheromone of trapping and dispersal of Laspeyresia pomonella L. (Lepidoptera, Tortricidae)

Flying activity of native and laboratory reared males (irradiated or not) codling moths was investigated by using a release-recovery method in a 4.9-acre apple trees orchard.

Moths were marked for identification by dusting with fluorescent pigments. Those to be irradiated were treated with 40 Krad of (^{60}CO) gamma irradiation, with a delivered dose rate of ca. 630 rad/min. The synthetic sex attractant traps were only set on the day after the releases.

The results obtained show that the percentage recovery rate is distinctly higher for reared-insects (45 and 62 p. 100) than for native insects (25 and 43 p. 100).

For each trial, there appears an inverse relationship roughly linear, between the catches percentage and the number of released moths. The age of moths seems to be an important factor. Then 1-2 days old insects show a significantly higher recapture rate (57 p. 100), than the 3 or more days old ones (23 p. 100). On the other hand irradiated 1-2 days old laboratory-reared and non-treated males do not differ in their response to sex traps.

Studies of average dispersal distances and even flight activity are generally based on the distribution of captures in the orchard. In the author's opinion this criteria probably does not reflect the normal Codling moth dispersion because these distribution depend on many factors. As a matter of fact the flight distances are limited by the size of the baited area. Moreover, they vary inside the area according to several factors : number of traps, location of both traps and release point, time of traps setting and eventually climatic conditions, mostly wind direction.

Therefore, only differences or similarities in relative value concerning these flight distances will be considered. Thus the moths more than 3 days old cover shorter distances when compared with the moths 1 — 2 days old.

The results presented here are discussed in comparaison with other data previously obtained by different authors.

Références bibliographiques

- AUDEMARD H., CAUSSE R., FERON M., 1976. Lutte intégrée en verger de pommiers, orientations nouvelles dans la lutte contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en 1974-1975. C. R. Acad. Agric. Fr., **61**, 228-235.
- AUDEMARD H., CHARMILLOT P. J., BEAUVAIS F., 1979. Trois ans d'essais de lutte contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par la méthode de confusion des mâles avec une phéromone sexuelle de synthèse. Ann. Zool. Ecol. anim., **11**, 641-658.
- BORDEN A. D., 1931. Some field observations on Codling moth behavior. J. Econ. Entomol., **24**, 1137-1145.
- BUTT B. A., 1971. Developments in control of the Codling moth by sterile moth releases. Proc. 66 th Ann. Meeting, Washington State, Hortic. Ass., 86-90.
- CHARMILLOT P. J., 1977. Carpocapse des pommes (*Laspeyresia pomonella* L.) : contribution à l'étude de l'efficacité des pièges à attractif sexuel synthétique. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **50**, 37-45.
- FOSSATI R., STAHL J., GRANGES J., 1971. Effect of gamma irradiation dose on the reproductive performance of the P and F1 generations in the Codling moth, *Laspeyresia pomonella* L. Application of induced sterility for control of Lepidopterous population. I.A.E.A. Vienna, STI/PUB/281, 41-47.
- GRANHAM J. E., 1973. Experience with « Codlemone » baited sticky traps in South-Eastern England 1972-1973. 4th Meet. on Genetic control of Codling moth, and Adoxophies. IOBC/WPRS, November 1973, Wädenswil, Switzerland.
- HOWELL J. F., 1974. The competitive effect of field population of Codling moth on sex attractant trap efficiency. Environ. Entomol., **3**, 803-807.
- HOWELL J. F., CLIFT A. E., 1974. The dispersal of sterilized Codling moth released in the Wenatchee Valley, Washington. Environ. Entomol., **3**, 75-81.
- MANI E., 1973. The sterile Codling moth release program at Marschlin : results 1970-1973. 4th Meet. on Genetic control of Codling moth and Adoxophies. IOBC/WPRS, November 1973, Wädenswil, Switzerland.

- MANI E., RIGGENBACH W., MENDIK M., 1975. Quality control of reared and sterilized moths. *Joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS research coordination meeting on « The use of the sterile insect technique for the control of lepidopterous insects attacking tree fruit »*, 17-21, November 1975, Vienna.
- MANI E., WILDBOLZ Th., 1977. The dispersal of male Codling moths (*Laspeyresia pomonella* L.) in the Upper Rhine Valley. *Z. angew. Entomol.*, **83**, 161-168.
- MOFFITT H. R., ALBANO D. J., 1972. Codling moths : Fluorescent powders as markers. *Environ. Entomol.*, **1**, 750-753.
- MOFFITT H. R., 1975. Effects of laboratory-rearing and of sterilization upon vigor and competitiveness of adult Codling moth. *Joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS research coordination meeting on « The use of the sterile male technique for the control of lepidopterous insects attacking tree fruit »*. 17-21 November 1975, Vienna.
- PRISTAVKO V. P., SEM'YANOVA N. E., 1973. A daily rhythm in radiosensitivity of *Laspeyresia pomonella* L. (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) (in Russian). *Radiobiologiya*, **13**, 286-289.
- SENDER D., 1969. Elevage permanent du Carpocapse des pommes *Carpocapsa* (= *Laspeyresia pomonella* L. sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **1**, 321-326.
- SENDER C., 1970. Elevage du Carpocapse des pommes sur un nouveau milieu artificiel non spécifique. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **2**, 93-95.
- WHITE L. D., HUTT R. B., 1971. Codling moth catches in sex and light traps after exposure to 0,25, or 40 Krad of gamma irradiation. *J. Econ. Entomol.*, **64**, 1249-1250.
- WHITE L. D., HUTT R. B., 1975. Codling moth : catches of irradiated and untreated laboratory-reared and native males in synthetic sex attractant traps. *J. Econ. Entomol.*, **68**, 449-450.
-

La Teigne du poireau, *Acrolepiopsis assectella* Z. : possibilité de généralisation des avertissements agricoles par piégeage sexuel à l'aide de produits de synthèse

R. RAHN

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie, I.N.R.A., E.N.S.A.,
65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Résumé

Les avertissements agricoles concernant la Teigne du poireau ont d'abord été fondés sur les données des élevages. Plus récemment le piégeage sexuel des mâles par les femelles vierges a pu être employé. La synthèse d'un analogue de la phéromone sexuelle naturelle : l'hexadécène 11Z al ($Z_{11}HDAI$) permet d'envisager la vulgarisation de la méthode des avertissements au niveau des producteurs de poireaux-légumes et de graines. L'auteur fait le point de la question.

La Teigne du poireau, *Acrolepiopsis* (ex. *Acrolepia*) *assectella* Zeller (Lépidoptère, Acrolepiidae) s'avère être le principal déprédateur des cultures de poireaux. Ses attaques concernent tous les stades phénologiques des Aliacées cultivées : plants de pépinière, légumes et porte-graines. Les larves, mineuses des tissus végétaux passent inaperçues. Lorsque les lésions des organes sont perceptibles, il est trop tard pour intervenir.

La prévention des dégâts d'*A. assectella* a nécessité la mise au point d'avertissements agricoles fondés sur la connaissance de la biologie de la Teigne du poireau.

Rappel sommaire du cycle biologique d'*A. assectella*

L'insecte hiverne à l'état adulte et manifeste son vol d'activité printanière en mars-avril. Deux vols sont détectables en juin et en juillet-août. Ce sont les larves issues de ces deux vols, et principalement du dernier, qui peuvent provoquer la destruction du poireau-légume et la chute du rendement en graines (Rahn, 1966).

Incidence du développement de la Teigne sur la plante-hôte

Sur les poireaux de première année

Les larves néonates, issues d'œufs collés isolément par les femelles sur le végétal, mènent une vie mineuse dans la partie épigée chlorophyllienne. Après la première mue, ces larves gagnent le cœur de la plante où elles se développent en creusant des galeries

alimentaires descendantes dont le diamètre s'accroît lors des mues successives. Le dégât en cours est donc inaperçu car localisé dans la partie où les feuilles engainantes forment un excellent abri. La croissance du végétal se poursuit cependant car le point végétatif est situé beaucoup plus bas que la zone alimentaire, juste au-dessus du plateau racinaire. La croissance de la plante provoque finalement l'extériorisation de la partie rongée. Le dégât apparaît alors comme des lacérations des parties chlorophylliennes libres des feuilles. A ce stade les larves auteurs des dégâts ont souvent eu le temps de quitter le cœur de la plante pour se nymphoser. Dans le cas d'attaques de plusieurs larves, le poireau-légume est impropre à la commercialisation.

Sur poireaux porte-graines

Sur le poireau de production grainière, le développement larvaire s'effectue principalement aux dépens de la partie supérieure de la hampe florale. Les larves, parfois nombreuses, minent la zone située immédiatement sous l'insertion des pédoncules floraux dont la base est sectionnée. Des fleurs et des jeunes fruits tombent alors en très grand nombre sur le sol amenant des chutes de rendement de 50 à 80 p. 100.

Problèmes de protection des cultures

Recherche du stade vulnérable

L'œuf est pondu à l'air libre, collé au végétal-hôte. La jeune larve qui vient d'éclore parcourt le végétal où elle fore le trou de pénétration qui lui permet de gagner l'intérieur de la feuille qu'elle quitte ensuite pour gagner par l'extérieur le cœur de la plante où se déroule le reliquat de sa vie larvaire. Les traitements chimiques viseront la jeune larve du premier et du début du deuxième âge spécialement plus sensible et qui sera atteinte plus facilement.

Détection du moment d'intervention

Données de l'élevage.

La première méthode utilisée par les Services de la Protection des Végétaux était fondée sur les données de l'élevage mené dans les cultures. Les Teignes, prélevées au stade de nymphe sur les poireaux étaient maintenues en cage où elles poursuivaient leur développement. Un plant de poireau, changé quotidiennement permettait de connaître le nombre d'œufs déposés au cours de la nuit. L'activité de reproduction de l'insecte se trouvait ainsi traduite par une courbe de ponte. Connaissant la constante thermique du développement embryonnaire qui est de l'ordre de 90 degrés-jours, il était possible, à partir de ces données, de prévoir la date de naissance des larves, donc le moment d'intervention. Cette méthode a été simplifiée par l'usage du piège sexuel appâté avec des femelles vierges.

Pratique du piège sexuel avec des femelles vierges.

L'attraction des mâles par les femelles a été montrée et exploitée pour la détection des différents vols d'activité sexuelle au cours de la saison. Les femelles déposant leurs

premiers œufs le lendemain de la fécondation, il s'avérerait possible de substituer au décompte journalier des œufs celui des mâles capturés à l'aide du piège sexuel à glu appâté avec des femelles vierges (Rahn, 1968).

Les avantages de cette méthode sont certains :

- la manipulation des pots encombrants et lourds est évitée ainsi que la fuite des insectes maintenus captifs ;
- l'appréciation du niveau des populations en place est possible ;
- la sûreté des résultats acquis a été démontrée au cours des saisons culturales successives.

L'obtention de femelles vierges pose cependant le problème de la généralisation de la méthode car elle implique un élevage et un tri sexuel des larves. Pour ces raisons, les recherches se sont orientées vers la fabrication d'un analogue de phéromone qui pourrait être facilement distribué au niveau des utilisateurs.

Identification de l'attractif sexuel d'*A. assectella*

Une collaboration entre les laboratoires I.N.R.A. des Médiateurs chimiques de Brouessy et de Zoologie de Rennes a permis la mise au point d'un attractif sexuel de synthèse et le contrôle de son efficacité dans les cultures (Rahn et Renou, 1979). L'enregistrement par électroantennographie des réponses de l'antenne du mâle de *A. assectella* a montré que l'hexadécène-11Z al (Z_{11} HDal) était le meilleur parmi tous les autres composés éprouvés à douze, quatorze ou seize atomes de carbone. La chromatographie en phase gazeuse d'un extrait hexanique de glandes à phéromone de femelles vierges ou l'analyse directe, par la même technique, des constituants volatils présents dans ces glandes a mis en évidence un constituant principal dont le temps de rétention, sur différentes colonnes, est identique à celui du Z_{11} HDal. En isolant ce constituant par chromatographie micropréparative et en l'éprouvant sur les mâles dans un olfactomètre à tubes de verre (Modèle de Sower, modifié par Lalanne-Cassou), on constate qu'on peut déclencher une séquence comportementale sexuelle identique à celle produite par un extrait hexanique total de glandes à phéromone correspondant à 10^{-2} F.E. (F.E. : femelle-équivalent) (Renou, 1977). Ces observations permettent de supposer que le Z_{11} HDal est le constituant principal de la sécrétion phéromonale de *A. assectella*. Ce qui a été confirmé ensuite par l'identité des spectres de masse du produit de la sécrétion et du Z_{11} HDal authentique.

Cette étape étant franchie, l'efficacité du Z_{11} HDal restait à vérifier dans les cultures.

Expériences réalisées dans les cultures

Expériences de lâchers et de recaptures

Les mâles ont été obtenus au laboratoire, l'élevage étant totalement mené sur plants de poireaux. Les lâchers ont été réalisés par vagues de cent mâles nés le même jour. Ils ont été libérés dans des cages de tulle de nylon de 8 m³ coiffant la culture de plants de poireaux. Neuf lâchers ont été réalisés durant la période de mai à septembre.

Les capsules attractives, constituées par des bouchons en caoutchouc type bouchon pour tube à allergie, étaient présentées dans le piège sexuel I.N.R.A. (Stockel *et al.*, 1976), le témoin étant constitué par un piège identique comportant des femelles vierges. Deux mélanges très proches, dosés à 1 000 μ g et à très forte proportion de Z₁₁HDal, ont été expérimentés. Les mélanges à 96 et 96,5 p. 100 de Z₁₁HDal et 4 et 3,5 p. 100 de E₁₁HDal se sont révélés les plus attractifs, l'addition d'antioxydant (α -tocophérol) ne faisant pas varier le niveau des captures.

Dans ces conditions les taux globaux de recapture ont atteint couramment 50 p. 100 pour dépasser 90 p. 100 dans les meilleurs cas (Rahn et Renou, 1979).

Piégeage face aux populations naturelles

Les pièges sexuels appâtés avec des capsules attractives ou avec des femelles vierges comme témoins (cinq femelles par piège) ont été maintenus dans les cultures de poireaux au niveau de la végétation. Le dispositif a fonctionné de juin à septembre.

RENNES

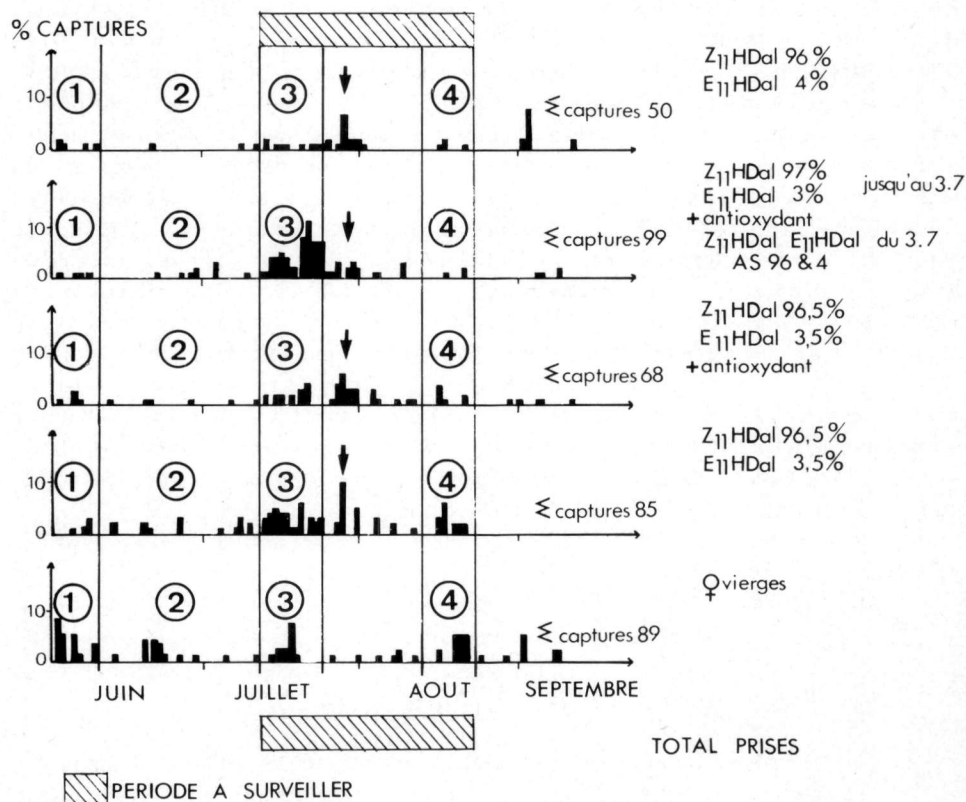


FIG. 1. — Répartition des captures des mâles d'*A. assectella* Zell.
Piégeage dans les cultures de poireaux en 1978.

* Résultats.

Le vol de juin, bien détecté à l'aide de femelles vierges (pics n° 1 et n° 2), l'est à un niveau bien moindre avec les phéromones de synthèse. La première semaine de juin permet cependant des captures avec les différents mélanges examinés.

Le vol de juillet-août, d'un niveau modéré présente deux pics, les n°s 3 et 4 séparés par quelques captures s'échelonnant sur 1 mois avec les femelles vierges. La physiologie de ce vol est différente avec les produits de synthèse. Les pics n°s 3 et 4 sont encore décelables quoiqu'atténués dans deux cas sur quatre ; mais dans tous les cas ce vol présente un maximum fin-juillet, début-août, maximum totalement indécélable avec les femelles vierges (cf. fig. 1).

Comme tous les ans, quelques captures, en nombre moindre, sont réalisés au cours du mois de septembre.

Conclusions pratiques

L'hexadécène 11Z al (Z_{11} HDal) de synthèse est capable d'attirer sélectivement les mâles d'*Acrolepiopsis assectella* Z., la Teigne du poireau.

Il est possible de comparer les avis de traitements préconisables à partir des deux types de données, celles des pièges avec femelles vierges et celles recueillies avec le Z_{11} HDal de synthèse. Dans le premier cas, pratiqués avec succès jusqu'à ce jour, deux traitements auraient été conseillés suite aux pics n°s 3 et 4. Dans le second, les traitements auraient été préconisés exactement au même moment. Un traitement supplémentaire aurait pu être conseillé dans trois essais sur quatre à la fin du mois de juillet.

Ainsi la protection des cultures de poireaux-légumes auraient été aussi bonne avec les produits de synthèse qu'avec les femelles vierges.

Des essais complémentaires face aux populations naturelles sont poursuivis pour déterminer les causes de la non-concordance exacte entre les vols enregistrés par les deux procédés.

Ils ont pour but de permettre à l'exploitant de se prémunir de manière fiable contre la Teigne du poireau aussi bien en production maraîchère qu'en production grainière.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

The leek moth, Acrolepiopsis (Acrolepia) assectella Zell. : possibility of generalization of agricultural advertissments with sex traps

The leek Moth *Acrolepiopsis* (ex *Acrolepia*) *assectella* Z., lepidoptera Acrolepiidae is one of the most important pest in the leek cultures. The good level of males catches with sex traps baited with Z-11 hexadecenal gives the possibility for detection of *A. assectella* in natural conditions and can be used to predict the potentiel damages and to conduct better chemical treatments.

Références bibliographiques

- RAHN R., 1966. La Teigne du poireau, *A. assectella* Zeller. Eléments de biologie et mise au point d'avertissements agricoles fondés sur le piégeage sexuel des mâles. *C. R. Acad. Agric. F.*, **52**, 977-1001.
- RAHN R., 1968. Etude expérimentale préliminaire de l'attractivité sexuelle des femelles d'*Acrolepia assectella* Zeller en conditions naturelles. *Ann. Epiphyties*, **19**, 367-377.
- RAHN R., RENOU M., 1979. Vers l'utilisation d'une phéromone de synthèse, l'hexadécène-11Z al dans la lutte contre la Teigne du poireau, *Acrolepiopsis* (ex. *Acrolepia*) *assectella* Z. (Lepidoptera Plutellidae). *C. R. Acad. Agric. F.*, **65**, 759-765.
- RENOU M., 1977. Un attractif de synthèse pour la Teigne du poireau, *Acrolepia assectella* Zell. Lépidoptère, Plutellidae. C. R. Réunion « les phéromones sexuelles des insectes ». Montfavet, 25-27 octobre 1977, p. 62-65.
- THIBOUT E., 1978. L'activité sexuelle et le rôle de l'accouplement sur la reproduction d'un Lépidoptère à distribution géographique étendue : *Acrolepiopsis* (*Acrolepia*) *assectella* Zell. (Hypomeutidae). Thèse de doctorat es Sciences, Université François Rabelais (Tours).
-

Essais de piégeage sexuel des lépidoptères *Tortricidae* des vergers de pommiers par des attractifs de synthèse

Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU,
P. SAGLIO et Françoise BEAUVAIS

Laboratoire des Médiateurs Chimiques, I.N.R.A.,
Domaine de Brouessy, Magny-les-Hameaux
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse

Résumé

En éprouvant dans la nature différentes formulations à base d'acétoxy-1 tétradécène 11Z (Z_{11} TDA) en mélange avec d'autres acétoxy-1 tétradécènes (en particulier les isomères E11 et Z9) ou les tétradécénols correspondants, on a pu proposer, dès 1978, des mélanges attractifs de synthèse pour : *Argyrotaenia pulchellana*, *Archips xylosteanus*, *Choristoneura sorbiana* et *Ptycholoma lechaeum*. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse de la sécrétion phéromonale des femelles vierges d'*Argyrotaenia pulchellana*, *Archips xylosteanus* et *Choristoneura sorbiana* a permis de préciser la composition de l'attractif naturel utilisé par chaque espèce et d'améliorer ainsi l'efficacité et la sélectivité des premiers mélanges synthétiques.

Pandemis heparana et *Hedya nubiferana*, n'ayant jamais été capturés lors de nos essais systématiques de piégeage, il a été nécessaire d'abord d'analyser les différents produits présents dans la sécrétion phéromonale de chaque espèce avant de proposer des formulations attractives.

Les résultats obtenus ici montrent l'importance des constituants secondaires des sécrétions phéromonales des femelles sur le comportement à courte distance des mâles (atterrissage par exemple) et leur rôle dans les mécanismes d'isolement chimique entre espèces sympatriques.

Chez les *Tortricidae*, on a pu établir des corrélations entre la taxinomie et la nature chimique des phéromones sexuelles (Comeau et Roelofs, 1973). Les représentants de la sous-famille des *Olethreutinae* utilisent en général des composés insaturés possédant une chaîne linéaire à douze atomes de carbone et une fonction alcool ou acétate ; ceux de la sous-famille des *Tortricinae* des composés insaturés ayant une chaîne linéaire à quatorze atomes de carbone et une fonction alcool, acétate ou aldéhyde. L'acétoxy-1 tétradécène 11Z (Z_{11} TDA) est le plus répandu de ces composés à quatorze atomes de carbone. Il constitue le composé majoritaire de la sécrétion phéromonale de dix *Tortricinae* sur un total de seize étudiés à ce jour. La sélectivité de l'attraction exercée par les femelles vierges de chaque espèce doit alors être assurée par la présence dans leur « bouquet phéromonal » de quantités variables d'autres acétoxy-1 tétradécènes tels que le E_{11} TDA, les 9 E ou Z TDA ou les tétradécénols correspondants (tabl. 1). Le rôle individuel de chaque constituant de tels mélanges sur les différentes phases du comportement du mâle n'a pu être précisé que chez un petit nombre d'espèce, principalement chez *Argyrotaenia velutinana* Walk (Baker et al., 1976). On peut cependant dire que le

TABLEAU 1

Phéromones de Tortricinae déterminées par analyses physico-chimiques des glandes productrices de phéromone prélevées sur des femelles vierges et confirmées par électrophysiologie et tests sur le terrain.

Produits/p. 100		Synergistes	Espèces	Auteurs
Z ₁₁ TDA 94	E ₁₁ TDA 6	DDA	<i>Argyrotaenia velutinana</i> Walker	Roelofs, 1975
90	10	1 p. 100 Z ₉ TDA	<i>Archips mortuanus</i> Kearfoot	Carde, 1977
90	10	1 p. 100 Z ₁₁ TDAI	<i>Choristoneura rosaceana</i> Harris	Roelofs, 1970 Weatherston, 1976
70	30		<i>Archippus breviplicanus</i> Walsingham	Fukami, 1976
60	40	Z ₉ TDA 4 p. 100 DDA	<i>Archips argyrosipilus</i> Walker	Carde, 1977
50	50		<i>Archips podanus</i> Scopoli	Persoons, 1974
33	67		<i>Archips semifranus</i> Walker	Miller, 1976
Z ₁₁ TDA 90	Z ₁₁ TDol 10		<i>Archips rosanus</i> L.	Roelofs, 1976
Z ₁₁ TDA 91	Z ₉ TDA 9		<i>Pandemis limitata</i> Robinson	Roelofs, 1976
94	6		<i>Pandemis pyrusana</i> Kearfoot	Roelofs, 1977
64	36		<i>Adoxophyes fasciata</i> Walsingham	Tamaki, 1971
75	25		<i>Clepsis spectrana</i> Treitschke	Minks, 1973
10	90		<i>Adoxophyes orana</i> Fisher	Meijer, 1972
Z ₁₁ TDA 6	Z ₁₁ TDAI 94		<i>Argyrotaenia citrina</i> Fernald	Hill, 1975
E ₁₁ TDal 96	Z ₁₁ TDal 4		<i>Choristoneura fumiferana</i> Clemensen	Sanders, 1976
Z ₉ DDA 40	E ₉ DDA 60	DDA	<i>Cnephasia pumicana</i> Zeller	Biwer, 1977

Z₁₁TDA agit en général comme attractif à longue distance (> 1 m) (composé phéromonal primaire), tandis que les autres (composés phéromonaux secondaires) agissent à courte distance sur un comportement particulier (atterrissage par exemple) (Roelofs et Cardé, 1977).

Notons enfin que les Tortricinae de la tribu des Cnephasiini font exception à la règle et utilisent comme phéromones sexuelles des composés à douze atomes de carbone : *Cnephasia pumicana* Zell (Biwer et coll., 1977) ; *Cnephasia virgaureana* Tr. (Priesner, 1978).

Matériel et méthodes

Les Tortricides des vergers de pommiers constituent un ensemble complexe d'espèces dont plusieurs sont sympatriques. Depuis l'introduction d'une lutte plus sélective contre le Carpopapse des pommes *Laspeyresia pomonella* L., certaines espèces ont vu leur population augmenter jusqu'à un niveau où elles risquent de provoquer des

dégâts à la récolte. Il était donc intéressant de disposer d'attractifs spécifiques permettant une surveillance efficace des Tordeuses présentes dans les vergers commerciaux de pommiers.

Si on écarte le Carpopapse des pommes, faisant à lui seul l'objet d'études approfondies, le tableau 2 donne la liste des principales espèces rencontrées, classées d'après leur position taxinomique.

TABLEAU 2

Positions systématiques des Tordeuses étudiées selon Balachowsky

SUPER FAMILLE des *TORTRICOIDEA*

FAMILLE des *TORTRICIDAE*

Sous-famille des *Tortricinae*

Tribu *Archipini*

Les <i>Pandemis</i>	<i>P. ribeana</i> Hb. <i>P. dumetana</i> Tr. <i>P. heparana</i> Den et Schiff <i>P. corylana</i> F.
---------------------	--

Les <i>Argyrotaenia</i>	<i>A. pulchellana</i> Haw
Les <i>Choristoneura</i>	<i>C. sorbiana</i> Hb.
Les <i>Archips</i>	<i>A. rosanus</i> L. <i>A. xylostaenus</i> L. <i>A. crataeganus</i> Hb. <i>A. podanus</i> Scop <i>P. lechcanum</i> L.
Les <i>Ptycholoma</i>	

Tribu *Tortricini*

Les <i>Acleris</i>	<i>A. rhombana</i> Den et Schiff <i>A. variegana</i> Den et Schiff
Les <i>Croesia</i>	<i>C. bergmanniana</i> L. <i>C. holmiana</i> L.

Sous-famille des *Olethreutinae*

Tribu *Olethreutini*

Les <i>Hedya</i>	<i>H. nubiferana</i> Haw <i>H. ochroleucana</i> Fröl.
------------------	--

Dans les publications de l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (O.I.L.B.), ces Tordeuses sont classées en deux groupes (Baggiolini, 1977), cette dichotomie étant basée sur la nature des dégâts liés à la période larvaire.

On distingue alors :

Les Tordeuses des bourgeons : ce sont des espèces univoltines ayant une seule période d'activité larvaire au printemps et diapausant à l'état d'œuf :

Archips rosanus L.
Archips xylostaenus L.
Archips crataeganus Hb.
Acleris rhombana Den et Schiff.
Acleris variegana Den et Schiff.
Rhopobota naevana Hb.

La biologie de *A. variegana* est mal connue, elle serait univoltine pour les uns et bivoltine pour les autres (Vogel, 1959).

Les *Tordeuses de la pelure* : ce sont des espèces dont le cycle biologique présente plusieurs périodes d'activité phytophage. Les larves hivernantes s'attaquent au printemps aux bourgeons et aux boutons floraux, tandis que celles provenant de la génération estivale se manifestent par les morsures qu'elles laissent à la surface des fruits :

- Hedya nubiferana* Haw (1).
- Spilonota ocellana* F. (1)
- Choristoneura sorbiana* Hb. (1)
- Ptycholoma lechaeum* L. (1)
- Adoxophyes orana* Fish. (2)
- Archips podanus* Scop (1, 2)
- Pandemis heparana* Den et Schiff (2, 3)
- Pandemis dumetana* Tr. (2)
- Pandemis ribeana* Hb. (1, 2)
- Pandemis corylana* F. (biologie mal connue)
- Clepsis spectrana* Tr. (2)
- Argyrotaenia pulchellana* Haw (2, 3) (*).

Seuls *P. heparana* et *A. orana* ont pour le moment l'incidence économique la plus grave.

Lorsque nous avons abordé ce travail (1977), seules les phéromones sexuelles des espèces paléarctiques suivantes étaient décrites :

Tortricinae

- Archips podanus* Scop : $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ 50/50 (Persoons, 1974).
- Archips rosanus* L. : $Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$ 90/10 (Roelofs, 1976).
- Adoxophyes orana* Fish : $Z_{11}TDA/Z_9TDA$ 10/90 (Meijer, 1972 ; Voerman, 1973).
- Clepsis spectrana* Tr : $Z_{11}TDA/Z_9TDA$ 90/10 (Minks, 1973, 1974 ; Voerman, 1975).

Olethreutinae

Spilonota ocellana F. Z_8TDA (Arn, communication personnelle). On remarque que *Spilonota ocellana* (Olethreutinae Eucosmini) utilise un attractif à quatorze atomes de carbone : le Z_8TDA . Cet Eucosmini étant le seul dont la phéromone sexuelle soit décrite, on ne peut pas encore dire si cette particularité se retrouve aussi chez d'autres représentants de cette tribu.

Tous les attractifs utilisés dans cette étude ont été synthétisés au laboratoire selon des méthodes originales (Lettere et coll., 1979). Les isomères purs ($> 99,9$ p. 100) ont été obtenus par chromatographie liquide sous pression (H.P.L.C.) sur colonne adsorbosil CABN à 20 p. 100 de NO_3Ag (Heath et coll., 1977).

La composition de chaque mélange de produits éprouvés dans la nature a été vérifiée par chromatographie en phase gazeuse.

Ces attractifs sont adsorbés à la dose désirée sur des capsules de caoutchouc, type bouchon pour tube à allergie (Ets Leune, Paris).

(*) Hiverne à l'état de chrysalide.
nombre de générations annuelles.

Les pièges utilisés sont du type INRA (distribués par les Ets Leglise, 33400 Talence). Ils sont suspendus dans les arbres à environ 1,6 m du sol, à 100 m les uns des autres. Les relevés sont effectués toutes les semaines et les capsules changées toutes les 6 semaines. Une permutation circulaire des pièges permet d'éviter les problèmes liés à une situation préférentielle pouvant fausser les résultats.

Les espèces dont les sécrétions ont fait l'objet d'analyses physicochimiques proviennent soit d'élevages au laboratoire sur milieu artificiel (*P. heparana* ; *A. pulchellana*), soit de larves collectées dans la nature et élevées jusqu'au stade adulte sur milieu artificiel (*A. xylosteanus* ; *C. sorbiana* ; *P. lecheanum* ; *H. nubiferana*).

Les analyses directes des constituants volatils présents dans les glandes productrices de phéromone des femelles vierges de ces espèces ont été faites par chromatographie en phase gazeuse sur Perkin-Elmer 3920, utilisant un injecteur à solide M.S. 41 (Gallois, 1979).

Les extraits de ces glandes sont effectués dans l'hexane nanograde, concentrés sous vide à un volume compris entre 10 et 100 μ l et conservés à -20° jusqu'à analyse chromatographique sur Intersmat IGC 16 ou Girdel 300.

Résultats

En 1977, nous avons éprouvé dans la nature, dans différents biotopes et différentes régions, plusieurs mélanges à base de Z_{11} TDA afin d'avoir une première indication sur les attractifs potentiels des espèces précédemment mentionnées. Les figures 1, 2, 3 résument les résultats de cette première campagne qui s'est déroulée d'avril à fin octobre.

1. — Mélanges Z_{11} TDA/ E_{11} TDA

On remarque que les mélanges Z_{11} TDA/ E_{11} TDA compris entre 98/2 et 85/15, avec un optimum pour 90/10, sont attractifs pour *Archips xylosteanus* L. *A. xylosteanus* utilise donc probablement les Z et E_{11} TDA dans sa sécrétion phéromonale (voir plus loin).

L'isolement chimique entre *A. xylosteanus* et l'espèce sympatrique *A. podanus* serait dû en partie à des proportions différentes de E_{11} TDA dans le Z_{11} TDA. Par contre le E_{11} TDA, synergiste pour *A. xylosteanus* et inhibiteur pour *A. rosanus*, et le Z_{11} TDol synergiste pour *A. rosanus* et faiblement inhibiteur pour *A. xylosteanus* isoleraient chimiquement ces deux espèces sympatriques.

Dans le Sud de la France (Avignon), les mélanges Z_{11} TDA/ E_{11} TDA compris entre 60/40 et 30/70 (optimum voisin de 50/50) sont attractifs pour *Clepsis dumicolana* Zell et le mélange Z_{11} TDA/ E_{11} TDA 20/80 l'est pour *Acleris rhombana* (Voerman et coll., 1979). Dans tous les sites de piégeage *A. podanus* est attiré par des mélanges Z_{11} TDA/ E_{11} TDA voisin de 50/50 avec un optimum pour 60/40, légèrement différent de celui trouvé par Persoons et coll. (1974).

Les facteurs d'isolement entre *C. dumicolana*, *A. rhombana* et *A. podanus* proviennent essentiellement des périodes de vol différentes entre ces espèces.

A partir de fin-juillet, alors que *A. xylosteanus* est à la fin de sa période de vol, les mélanges Z_{11} TDA/ E_{11} TDA 90/10 capturent des mâles d'*Argyrotaenia pulchellana* Haw qui sont au début de leur 2^e période de vol, ces deux espèces, isolées dans le temps, peuvent utiliser semble-t-il un mélange phéromonal presque identique.

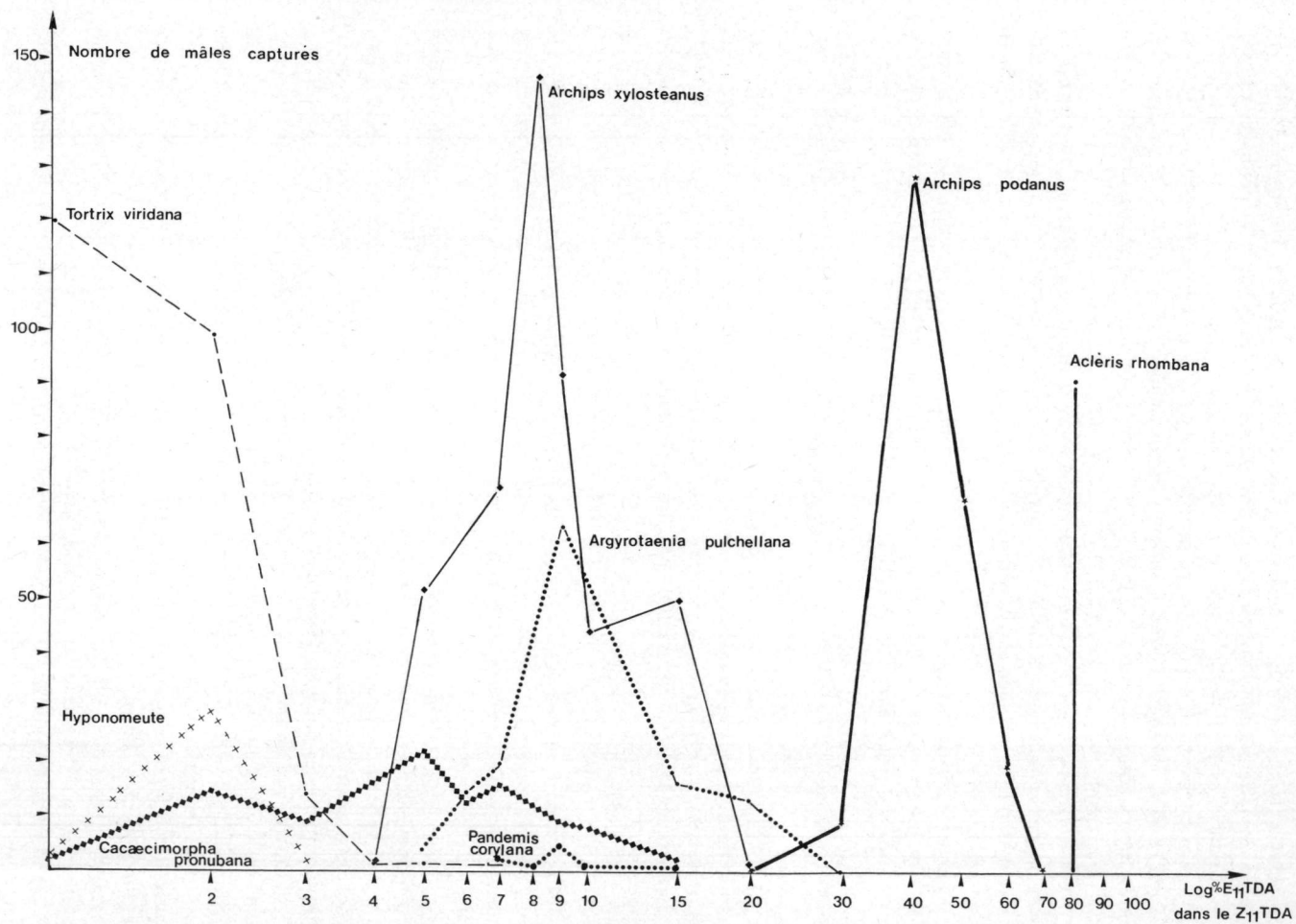


FIG. 1. — Courbes de captures de différentes espèces de Tordeuses avec divers mélanges d'acétoxy-1 tétradécènes 11Z et 11E.

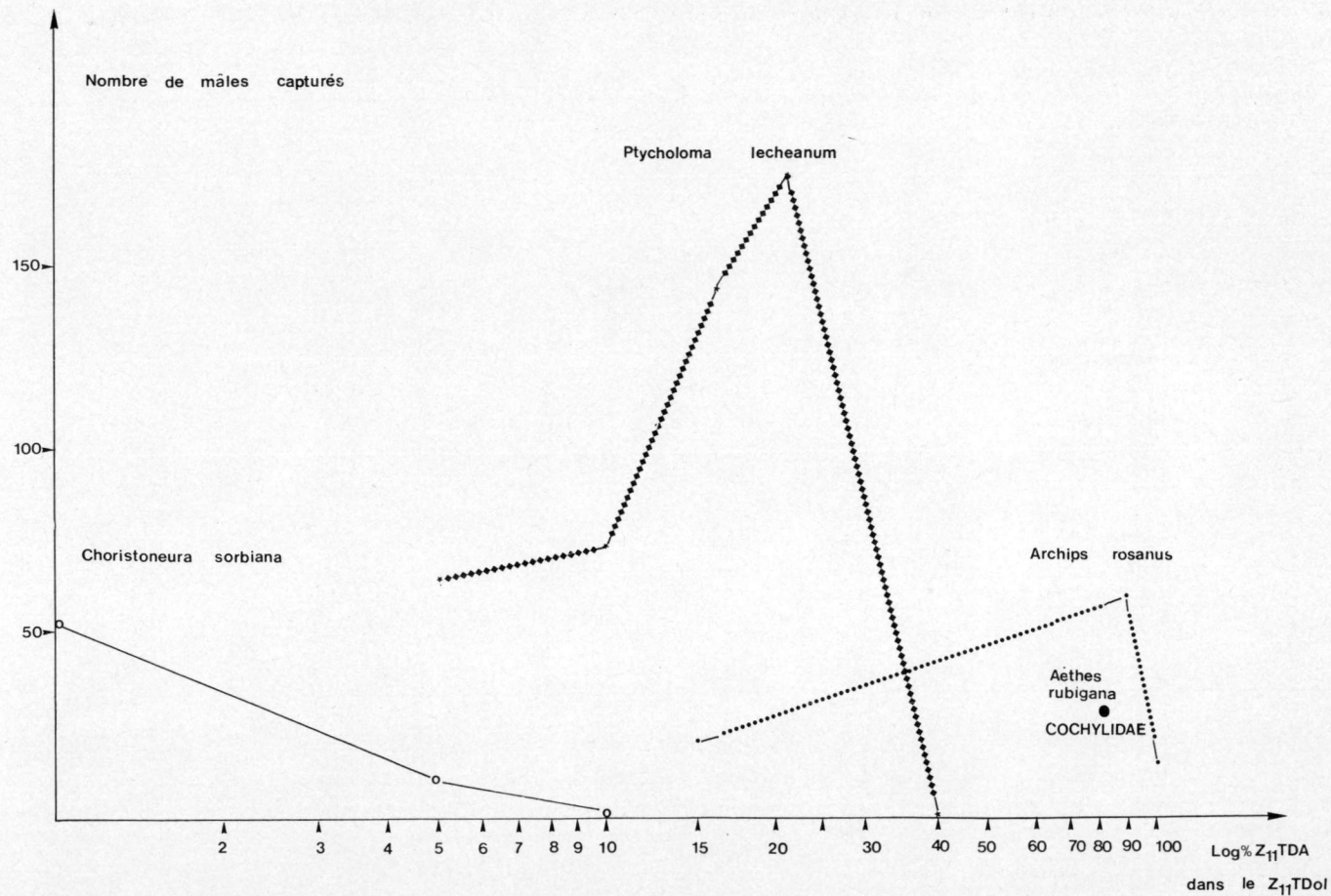


FIG. 2. — Courbes de captures de différentes espèces de Tordeuses avec divers mélanges de tétradécènes 11Z ol-1 et d'acétoxy-1 tétradécène 11Z.

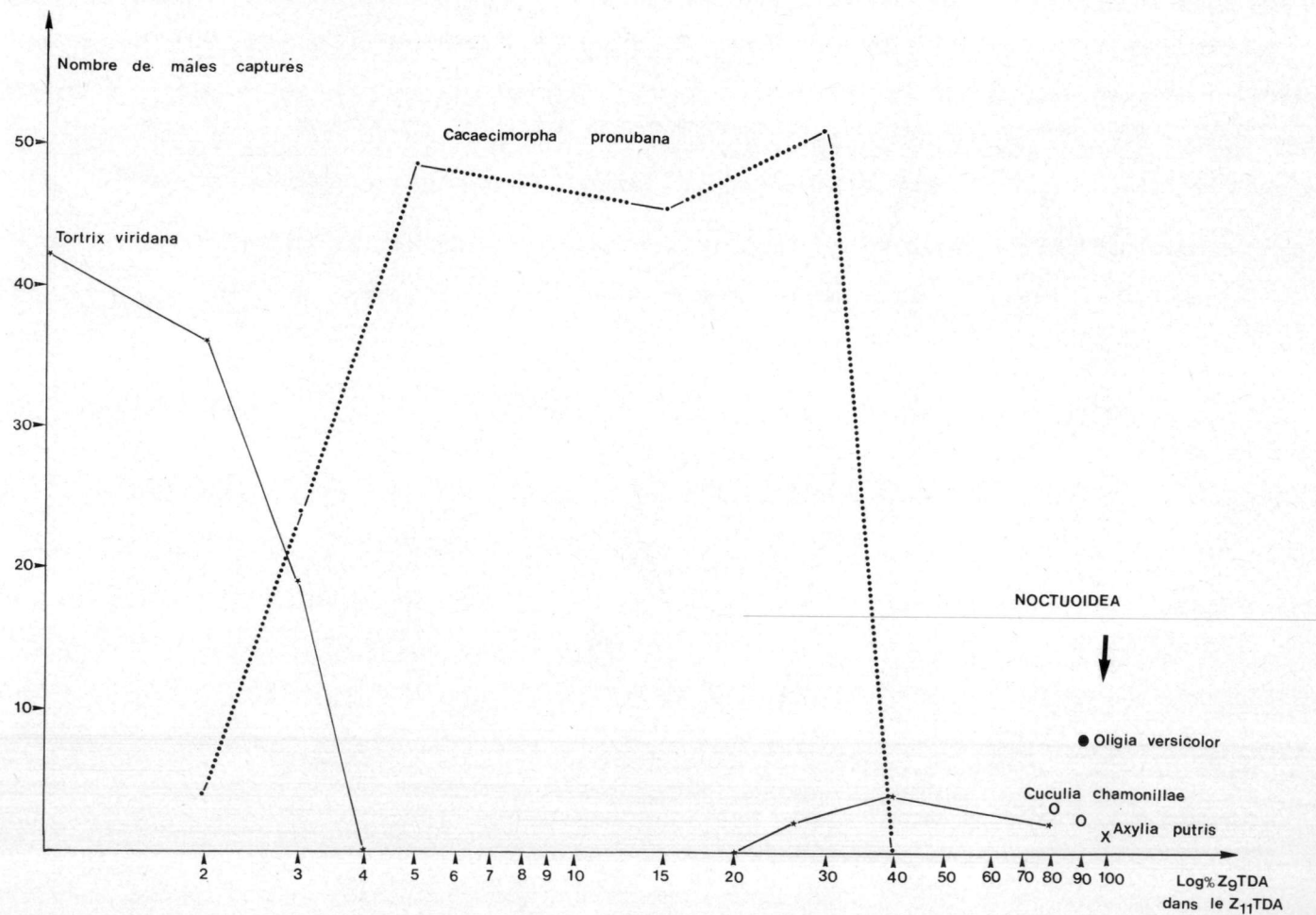


FIG. 3. — Courbes de captures de différentes espèces de Tordeuses avec divers mélanges d'acétoxy-1 tétradécène 11Z et d'acétoxy-1 tétradécène 9Z.

Parmi les autres espèces de tordeuses piégées occasionnellement on peut signaler : *Syndemis musculana* Hübner (*Tortricinae Archipini*) et *Parasyndemis histrionana* Frölich (*Tortricinae Archipini*) en vergers commerciaux de pommiers (La Verrière, 1978). *Endotaenia nigricostana* Haw (*Olethreutinae Olethreutini*) et *Aleimma loeflingiana* L. (*Tortricinae Tortricini*) ont été capturés sous couvert de feuillus à St-Crépin (60). *A. loeflingiana* avait déjà été piégé par Milaire (1976) avec des capsules à *A. podanus*.

2. — Mélanges $Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$

Ptycholoma lecheanum L. est attiré sélectivement par des mélanges $Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$ compris entre 10/90 et 30/70 avec un optimum net pour 25/75. Cette espèce qui a une très courte période de vol (début juin en région parisienne) se trouve ainsi isolée d'*Archips rosanus* L. qui ne vole qu'à partir de juillet et qui est attiré par des mélanges de $Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$ compris entre 95/5 et 80/20 avec un optimum pour 90/10 conformément aux résultats déjà publiés (Niazee, 1976). Le $Z_{11}TDol$ (à 3 p. 100 d'isomère E) est fortement attractif pour *Choristoneura sorbiana* Hb. dont le vol débute juste après celui de *Ptycholoma lecheanum* et avant celui d'*Archips rosanus*.

Signalons enfin, surtout sous couvert de feuillus, la présence dans les pièges d'un *Tortricoidea Cochylidae*, *Aethes rubigana* Treitschke ($Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$: 90/10).

3. — Mélanges $Z_{11}TDA/Z_9TDA$

Contrairement à ce qu'on pouvait attendre, ces formulations se sont révélées peu attractives pour les Tordeuses des vergers. *Adoxophyes orana* étant peu représenté dans nos sites de piégeage, nous ne l'avons pratiquement jamais capturé.

Par contre la Tordeuse verte du chêne : *Tortrix viridana* L. est systématiquement attirée, de fin-juin à mi-juillet, par toutes les formulations contenant du $Z_{11}TDA$ (à moins de 1 p. 100 d'isomère E). Ce résultat a été confirmé par la suite et est en accord avec ceux de Arn et Priesner (1979) qui ont identifié ce composé comme constituant principal de la sécrétion phéromonale de cette espèce et ont montré l'effet inhibiteur du $E_{11}TDA$.

Cacaecimorpha pronubana Hüb., autre Tordeuse polyphage, qui fréquente occasionnellement les vergers de pommiers est également attirée par les mélanges riches en $Z_{11}TDA$, ce qui confirme les résultats des analyses physicochimiques de la sécrétion phéromonale de la femelle vierge par B. Lalanne-Cassou et ceux d'une autre série de piégeages effectuée indépendamment par M. Pralavorio (1979).

4. — Mélanges $Z_{11}TDA/E_9TDA$, $Z_{11}TDA/E_7TDA$ et $E_{11}TDA/TDA$

Ces mélanges n'ont montré aucune attractivité spécifique pendant toute la campagne de piégeage. Seules quelques captures occasionnelles, non significatives, ont été enregistrées. Par contre les mélanges $E_{11}TDA/TDA$, principalement le mélange $E_{11}TDA$ 90 p. 100/TDA 10 p. 100 capture deux espèces de *Croesia* : *C. bergmaniana* L. et *C. holmiana* L. La première est inféodée aux rosiers ; la seconde est un ravageur occasionnel peu connu des arbres fruitiers.

A l'issu de cette première campagne de piégeage, des formulations attractives ont pu être déterminées pour *Argyrotaenia pulchellana*, *Archips xylosteanus*, *Choristoneura sorbiana* et *Ptycholoma lecheanum*.

Nous avons alors été amené en 1978 à préciser la composition exacte de ces attractifs en effectuant des analyses physico-chimiques sur les glandes productrices de phéromones de femelles vierges de ces espèces et en confirmant les résultats obtenus par de nouveaux piégeages dans la nature.

Parallèlement nous avons recherché les phéromones sexuelles de *Pandemis heparyana* et d'*Hedya nubiferana* que nous n'avions toujours capturés qu'en très petit nombre et de façon occasionnelle en 1977.

A. Attractifs sexuels pour *Argyrotaenia pulchellana* Haw.

Cette espèce a pu être élevée sur milieu artificiel à partir de chenilles prélevées dans la nature sur du lavandin, en août 1978 à Manosque. L'analyse directe par chromatographie en phase gazeuse du contenu volatil de dix glandes à phéromone prélevées sur des femelles vierges en début de photophase montre la présence d'une quantité importante de $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ (50 ng par femelle) dans un rapport 80/20 et de deux autres constituants qui ont respectivement le temps de rétention de l'acétoxy-1 dodécane ($C_{12}OAc$) et de l'acétoxy-1 tétradécane ($C_{14}OAc$). Le $C_{12}OAc$ pourrait agir comme constituant secondaire sur un comportement particulier ou intervenir comme facteur d'isolement chimique vis-à-vis d'autres espèces sympatriques (particulièrement lors du deuxième vol).

Les résultats obtenus sur le terrain en 1978 ne confirmaient qu'en partie les données de l'analyse physico-chimique. En effet, le meilleur taux de capture avait toujours

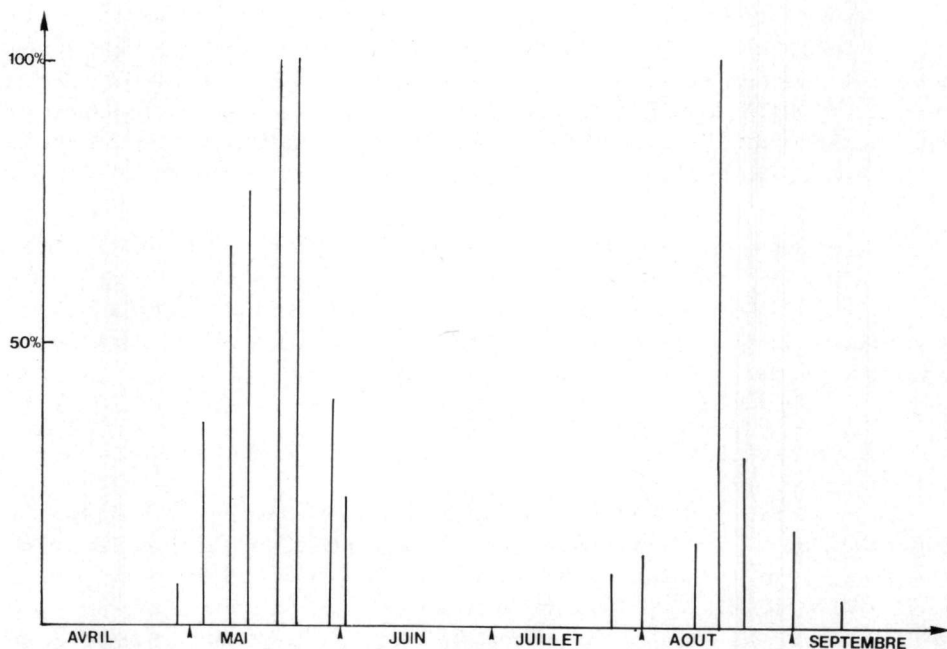


FIG. 4. — Courbe de vol d'*Argyrotaenia pulchellana* Haw. (Voisins le Bretonneux, 78), 1978.

été obtenu pour un rapport $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ voisin de 90/10, le rapport 80/20 s'étant montré inférieur. L'acétate de dodécanyle, synergiste pour *Argyrotaenia velutinana*, était ici légèrement inhibiteur (à la dose de 1 500 μg pour 1 000 μg de $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ 90/10).

En 1979, sur les deux générations, on a remarqué que les fortes doses (2 000 μg) étaient plus attractives que les faibles doses (1 000 μg) et qu'une amélioration des captures était obtenue avec un mélange aussi proche que possible de celui déterminé par analyse chromatographique du contenu volatil des glandes à phéromone. En attendant de préciser la composition exacte du mélange phéromonal d'*A. pulchellana*, des capsules attractives chargées entre 1 000 et 2 000 μg d'un mélange $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ 90/10 permettent la surveillance agricole de ce ravageur dans ses zones de pullulation. La figure 4 montre ainsi les deux cycles d'activité de l'insecte en région parisienne en 1978.

L'attractivité des mélanges $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ vis-à-vis des mâles de *A. pulchellana* avait été également montré par S. Maini (1973, 1975) et E. Arn (1975). Cependant, en Suisse, les mélanges de ces deux composés, à différentes concentrations et différentes doses, se sont toujours montrés faiblement attractifs (Arn, 1979). Une étude du polymorphisme de cette espèce serait très intéressante à entreprendre.

B. Attractifs sexuels pour *Ptycholoma lechaeum* L.

Le faible nombre de chenilles trouvées dans la nature et le parasitisme important de ces dernières, ne nous a pas permis de conduire une analyse chromatographique du contenu volatil des glandes à phéromone de femelles vierges de cette espèce. Une tentative d'élevage sera prochainement réalisée au laboratoire.

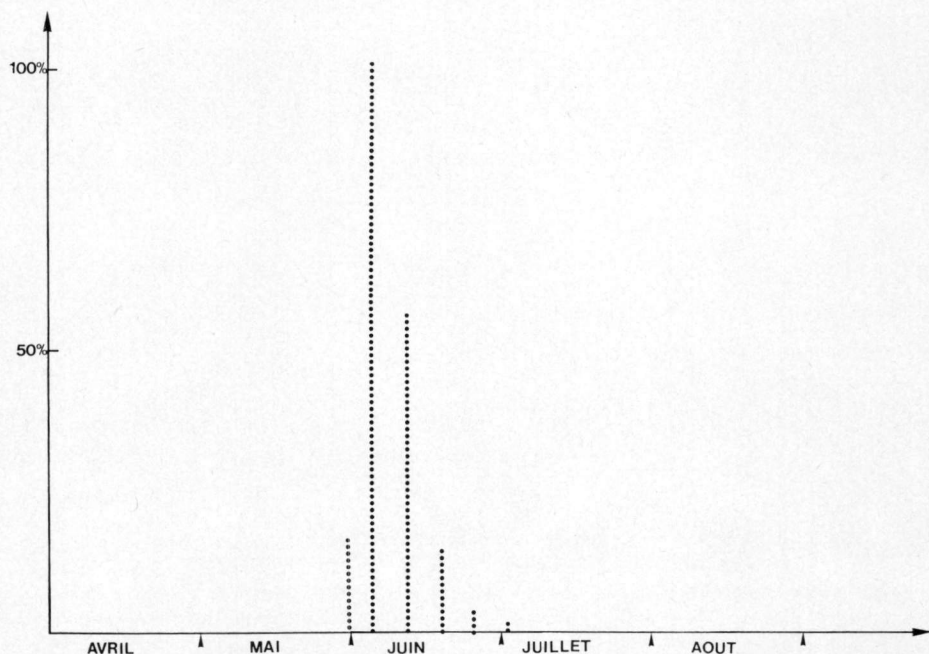


FIG. 5. — Courbe de vol de *Ptycholoma lechaeum* L. (Brouessy, 78) 1978.

La campagne de piégeage conduite en 1978 a confirmé les résultats de 1977. En éprouvant dans la nature différents mélanges $Z_{11}TDA/Z_{11}TDol$, on constate une nouvelle fois que le mélange 25/75 est toujours le plus attractif, suivi de très près par le mélange 15/85. Un résultat analogue a été trouvé indépendamment par Minks et coll. (1977).

Ces formulations ont permis de préciser la période d'activité de l'insecte en région parisienne (fig. 5).

C. Attractifs sexuels pour *Choristoneura sorbiana* Hb.

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse du contenu volatil des glandes à phéromones de quatre femelles vierges issues de chenilles sauvages prélevées dans la nature montre la présence du $Z_{11}TDol$ comme constituant principal et d'un pic minoritaire, non identifié, pouvant agir comme facteur d'isolement chimique vis-à-vis d'autres espèces sympatriques. Le $Z_{11}TDA$ inhibiteur pour *C. sorbiana* et synergiste pour *P. lecheanum* isolerait ces deux espèces et s'ajouterait à la différence des périodes d'activité entre les deux espèces : la femelle de *P. lecheanum* ayant son maximum 10 jours avant celle de *C. sorbiana*.

Une nouvelle campagne de piégeage conduite en 1978, confirmée en 1979 (fig. 6) a

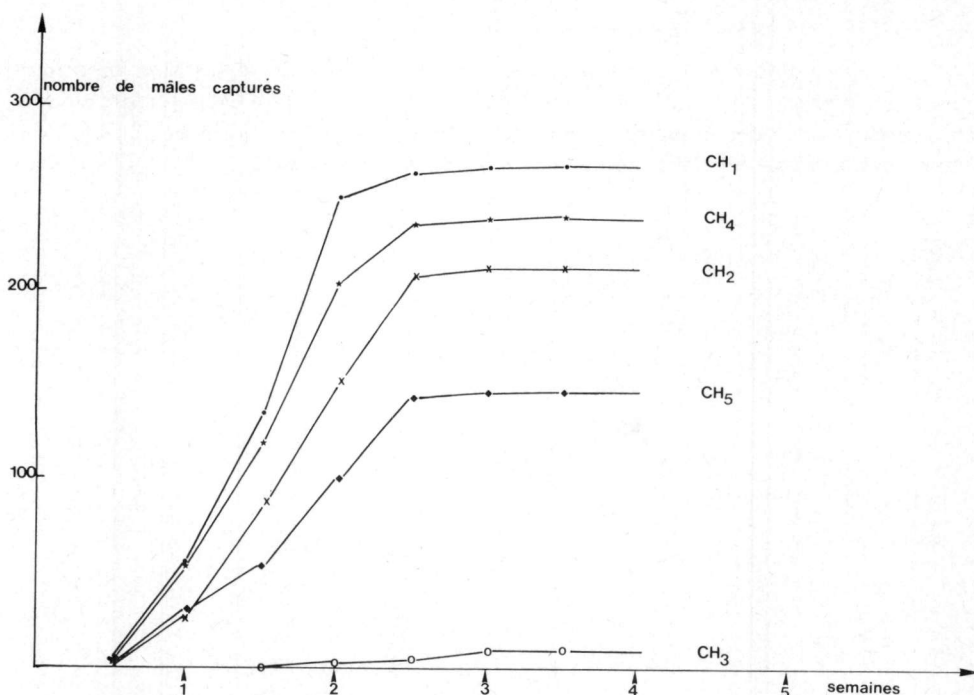


FIG. 6. — Courbes cumulatives de captures de *Choristoneura sorbiana* avec différentes formulations (du 11 juin au 18 juillet 1979)

CH ₁ :	formulation	100 p. 100	tétradécène	11Z ol-1	à	3 p. 100	d'isomère	E
CH ₂ :	—	80 p. 100	—	—	+	20 p. 100	d'acétoxy-1	tétradécène 11E
CH ₃ :	—	80 p. 100	—	—	—	+	20 p. 100	—
CH ₄ :	—	80 p. 100	—	—	—	+	20 p. 100	—
CH ₅ :	—	80 p. 100	—	—	—	+	20 p. 100	—

11Z
10E
10Z

montré que les mélanges $Z_{11}TDol/E_{11}TDol$ 98/2 et 97/3 étaient à la fois sélectifs et efficaces pour les mâles de *C. sorbiana* et permettaient de préciser la période d'activité de cet insecte (fig. 7).

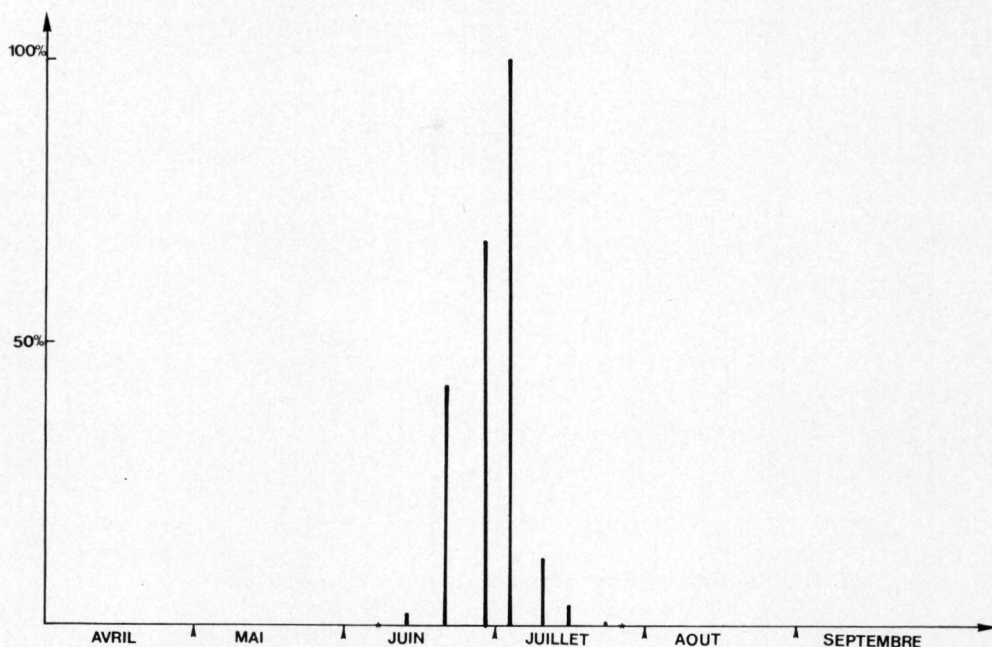


FIG. 7. — Courbe de vol de *Choristoneura sorbiana* Hub. (Brouessy, 78), 1978.

La faible quantité de femelles vierges disponibles ne nous a pas encore permis de préciser le p. 100 relatif des Z_{11} et $E_{11}TDol$ dans la sécrétion.

D. Attractifs sexuels pour *Archips xylosteanus* L.

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse du contenu volatil des glandes à phéromone de dix femelles vierges issues de chenilles sauvages prélevées dans la nature révèle l'existence de quatre constituants dont le majoritaire est le $Z_{11}TDA$. Le $E_{11}TDA$ est également présent et le rapport $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ est là encore voisin de 90/10. Deux autres constituants n'ont pas encore été identifiés et doivent certainement jouer un rôle dans la sélectivité de l'attraction exercée par la femelle vierge.

Les campagnes de piégeages conduites en 1978 ont montré que le mélange $Z_{11}TDA/E_{11}TDA$ 92/8 était bien attractif pour les mâles de *A. xylosteanus*, ce qui a été aussi confirmé au Japon (Ando, 1978).

Nous avons également montré (Frerot, 1979) que différents mélanges $Z_{11}TDA/TDol$, dont le mélange $Z_{11}TDA/Z_8TDol$ 90/10, étaient attractifs pour cette espèce. Ce résultat laisse prévoir qu'un $TDol$ rentre probablement aussi dans la composition de la phéromone émise par la femelle.

Malgré l'imperfection certaine des formulations éprouvées, nous avons pu quand même préciser la période d'activité de *A. xylosteanus* dans la nature (fig. 8).

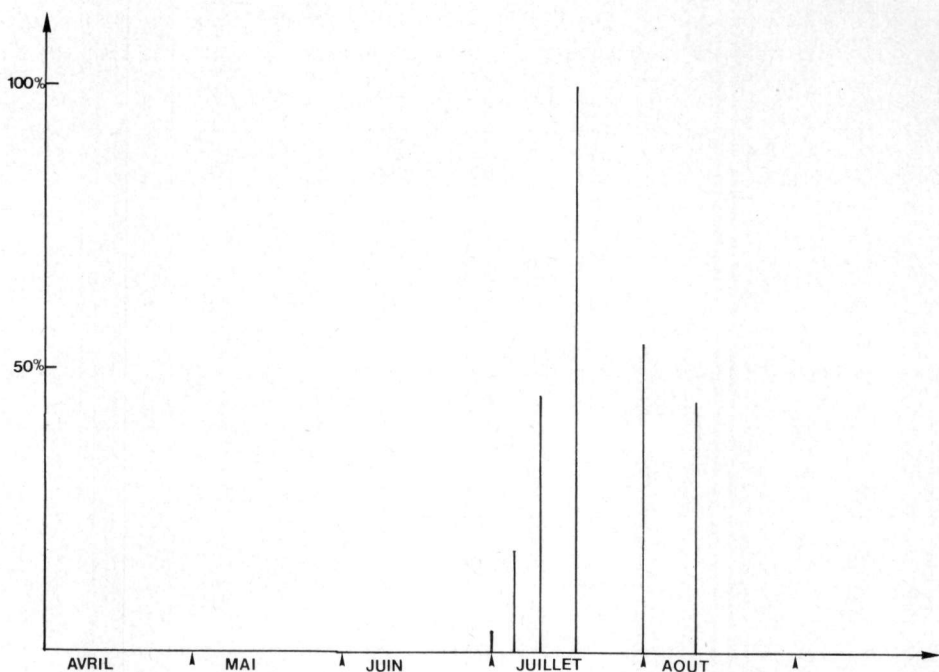


FIG. 8. — Courbe de vol d'*Archips xylosteanus* L. (Les loges en Josas, 78), 1978.

E. Attractifs sexuels pour *Pandemis heparana* Den et Schiff.

L'analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans la glande à phéromone de la femelle vierge de *P. heparana* ne révèle, dans les conditions utilisées, que la présence du Z_{11} TDA (94 p. 100) et du Z_{11} TDol (6 p. 100) (Frerot, 1979).

Cependant aucun des mélanges éprouvés dans la nature, contenant seulement ces deux composés, n'est attractif pour les mâles de cette espèce.

Une analyse plus fine, par chromatographie en phase gazeuse sur colonnes capillaires de verre de la sécrétion phéromonale de la femelle, effectuée sur un extrait hexanique total de quatre cents glandes prélevées au maximum de leur période de production, a mis en évidence, en plus des deux composés précédents, la présence d'une faible quantité (5 p. 100) de Z_9 TDA essentiel à l'attraction. Des piégeages effectués en 1978 (deuxième vol) dans la basse vallée du Rhône (Manosque) et en 1979 en région parisienne et de nouveau à Manosque et en Avignon ont montré (fig. 9) l'effet attractif des mélanges Z_{11} TDA/ Z_9 TDA/ Z_{11} TDol et le puissant effet inhibiteur du E_{11} TDA qui isole ainsi *P. heparana* de *C. pronubana* dans les régions à population mixte (Lalanne-Cassou, 1979). Ce facteur chimique vient renforcer l'isolement dans le temps de ces deux Tordeuses : *C. pronubana* ayant une activité diurne, *P. heparana* une activité crépusculaire. *P. heparana* a aussi été capturé par Voerman (1979) avec différents mélanges de Z_{11} / Z_9 TDA associés aux alcools correspondants.

Notons enfin que la Tordeuse sud-africaine de l'œillet : *Epichoristodes acerbella* Walk, espèce récemment introduite dans le Sud de la France (Côte d'Azur) utilise

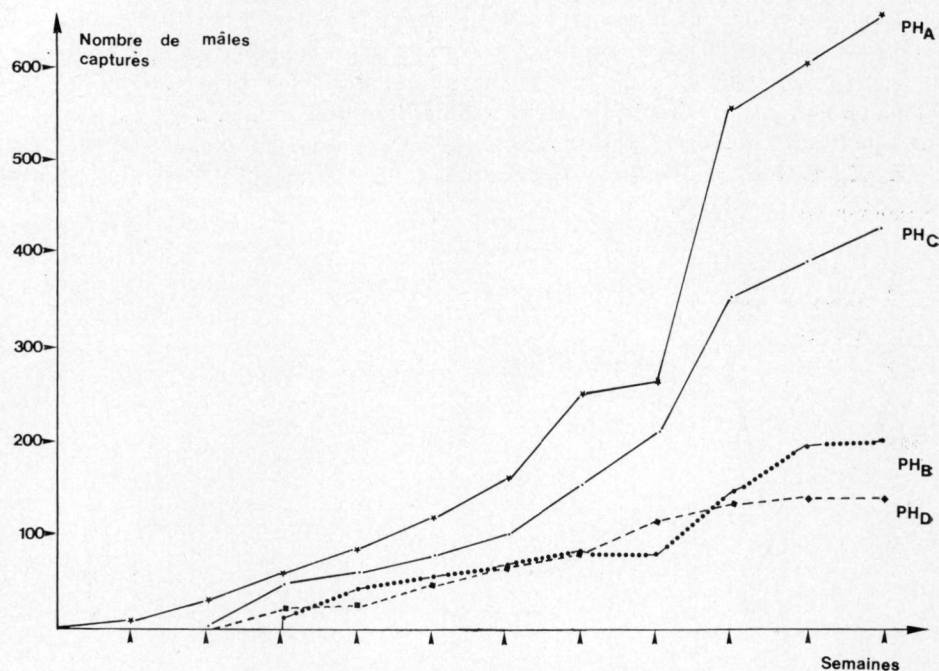


FIG. 9. — Courbes cumulatives des captures de *Pandemis heparana* avec différentes formulations (du 18 juin au 30 août 1979)

PH A :	formulation	85 p. 100 d'acétoxy-1 tétradécène 11Z		
		5 p. 100 — — —	9 Z	
		10 p. 100 tétradécène 11Z ol-1		
PH B :	—	95 p. 100 d'acétoxy-1 tétradécène 11Z		
		5 p. 100 — — —	9 Z	
PH C :	—	80 p. 100 d'acétoxy-1 tétradécène 11Z		
		10 p. 100 — — —	9 Z	
		10 p. 100 tétradécène 11Z ol-1		
PH D :	—	40 p. 100 d'acétoxy-1 tétradécène 11Z		
		20 p. 100 — — —	9 Z	
		20 p. 100 tétradécène 11Z ol-1		
		20 p. 100 — — —	9Z ol-1	

(tous les produits utilisés sont à 100 p. 100 de pureté stérique)

aussi un mélange phéromonal voisin de celui de *P. heparana*, la femelle vierge de *P. heparana* étant attractive pour le mâle de *E. acerbella* et vice-versa.

Chez *P. heparana*, le Z_{11} TDA, constituant principal de la sécrétion phéromonale de la femelle vierge, répond à la définition de phéromone primaire dans la terminologie de W. L. Roelofs (1977). Le Z_{11} TDol et le Z_9 TDA, phéromones secondaires, agiraient à courte distance sur un comportement particulier du mâle : atterrissage ou évagination des pinces androconiales. Une étude comportementale détaillée de la parade de *P. heparana*, s'inspirant de la méthodologie utilisée pour *G. molesta* (Baker et coll., 1979) sera entreprise pour pouvoir répondre aux questions qui se posent encore à nous.

F. Attractifs sexuels pour *Hedya nubiferana* Haw.

Cet *Olethreutinae* (*Olethreutini*) n'a jamais été capturé lors de nos différents essais utilisant essentiellement des composés à quatorze atomes de carbone. On pouvait donc

supposer que cet insecte se comportait bien comme la majorité des *Olethreutinae* et se servait de composés à douze atomes de carbone comme support chimique de sa communication phéromonale. En fait, en éprouvant par électroantennographie, sur l'antenne du mâle, différents alcools et acétates insaturés E ou Z à douze atomes de carbone (Frerot et coll., 1979) on constate que les acétoxy-1 dodécènes 10E (E_{10} DDA) et 8Z (Z_8 DDA) et que l'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E (E_8 , E_{10} DDA) sont les trois composés les plus actifs.

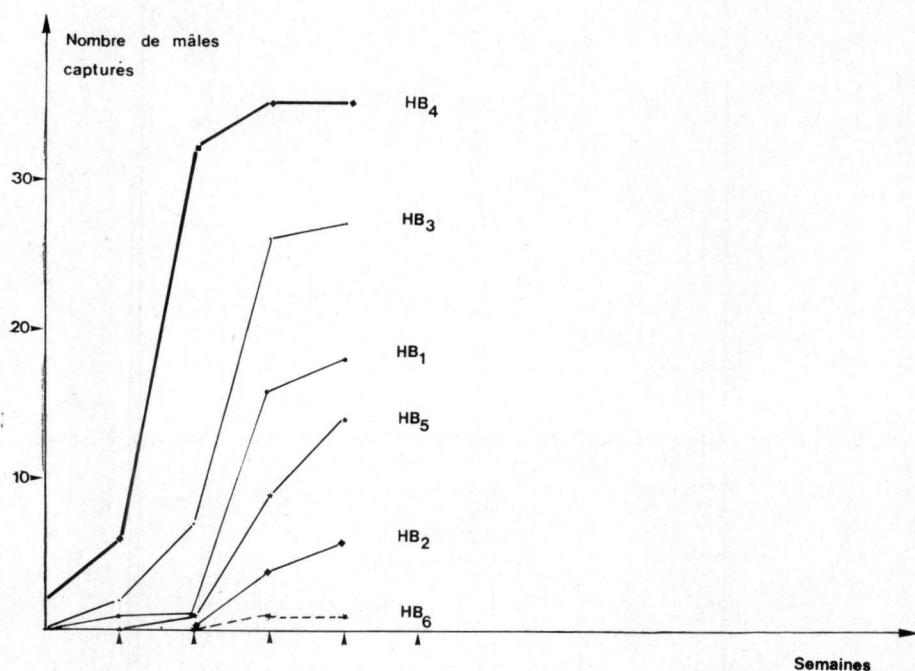


FIG. 10. — Courbes cumulatives des captures d'*Hedya nubiferana* avec différentes formulations (13 juin au 10 juillet 1979)

HB 1 :	—	formulation	55 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E
			31 p. 100 — dodécène 8Z
			4 p. 100 — — 8E
			10 p. 100 — dodécane
HB 2 :	—	48 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E	
		32 p. 100 — dodécène 8Z	
		10 p. 100 — dodécane	
		44 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E	
HB 3 :	—	30 p. 100 — dodécène 8Z	
		8 p. 100 — — 8E	
		18 p. 100 — dodécane	
		48 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E	
HB 4 :	—	32 p. 100 — dodécène 8Z	
		20 p. 100 — dodécane	
		53 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E	
		37 p. 100 — dodécène 8Z	
HB 5 :	—	10 p. 100 — dodécène 8E	
		63 p. 100 d'acétoxy-1 dodécadiène 8E, 10E	
		12 p. 100 — dodécène 8E	
		25 p. 100 — dodécane	

De plus par enregistrements unitaires (Priesner in Frerot et coll., 1979) on a pu mettre en évidence deux récepteurs spécifiques : l'un au Z_8 DDA, l'autre au E_8 , E_{10} DDA qui doivent être stimulés dans un rapport convenable pour induire chez le mâle une réaction comportementale à caractère sexuel.

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromone de quinze femelles vierges d'origine sauvage, révèle la présence de quatre constituants : l'acétoxy-1 dodécane $C_{12}OAc$ 16,3 p. 100 ; le E_8 DDA 10,1 p. 100 ; le Z_8 DDA 30 p. 100 et le E_8 , E_{10} DDA 43,6 p. 100.

Plusieurs combinaisons de ces quatre composés ont été éprouvées dans la nature en 1978 et 1979 et se sont révélées attractives pour les mâles d'*Hedya nubiferana* avec une excellente spécificité (fig. 10). Pris isolément aucun des composés présents dans la glande n'est attractif pour *Hedya nubiferana*. La combinaison du Z_8 DDA et du E_8 , E_{10} DDA (rapport 320 μg /480 μg) est cependant suffisante pour déclencher l'attraction du mâle. L'acétoxy-1 dodécane est synergiste à faible dose (100 μg à 200 μg) mais légèrement inhibiteur à forte dose (à plus de 500 μg). Le rôle du E_8 DDA n'a pas encore été précisé. Notons que l'acétoxy-1 dodécadiène 8Z, 10E (Z_8 , E_{10} DDA) est attractif pour une autre espèce d'*Hedya* : *Hedya ochroleucana* Fröl qui fréquente essentiellement les roseaies.

Conclusions

Les *Tortricinae* étudiés ici forment un complexe relativement homogène. Ses représentants utilisent comme support chimique de leur communication phéromonale sexuelle des composés ayant la même structure de base : une chaîne linéaire à quatorze atomes de carbone.

Le composé majoritaire présent dans la sécrétion phéromonale de la femelle vierge est soit le Z_{11} TDA (groupe des *Archips*), soit le E_{11} TDA (groupe des *Croesia*, *Acleris* sp.) ou le Z_{11} TDol (*Choristoneura* sp., *Ptycholoma* sp.).

L'addition d'un deuxième composé minoritaire, différent soit par isomérisie stérique ou de position, soit par la nature du groupe fonctionnel, module l'action du composé majoritaire et intervient par son action synergiste ou inhibitrice dans les mécanismes chimiques d'isolement des espèces. Par exemple, l'addition du Z_{11} TDA au Z_{11} TDol inhibe l'attractivité pour *Choristoneura sorbiana* et s'avère nécessaire pour la capture de *Ptycholoma lecheanum*.

Quelquefois, seules les proportions relatives différentes des deux mêmes produits sont suffisantes pour assurer cet isolement intraspécifique ; les mâles de chaque espèce répondant sélectivement au mélange émis par leur femelle respective.

C'est le cas par exemple d'*Archips podanus* et d'*Archips xylosteanus* dont les femelles émettent un mélange Z_{11} TDA/ E_{11} TDA, 50/50 pour la première et 90/10 pour la seconde.

Les différences des périodes d'activité soit dans le temps, soit au cours du nyctémère constituent aussi des facteurs importants d'isolement interspécifique : *Archips xylosteanus* active au crépuscule et *Argyrotaenia pulchellana* active à l'aube, peuvent ainsi utiliser un support chimique de communication phéromonale sexuelle identique : le mélange Z_{11} TDA/ E_{11} TDA.

Pandemis heparana représente une synthèse de ces différents mécanismes d'isolement : le E_{11} TDA inhibiteur à moins de 1 p. 100, l'isole de toutes les espèces sympa-

triques pour lesquelles ce composé est soit synergiste, soit indifférent ; le Z₉TDA, synergiste du Z₁₁TDA est indispensable à l'attraction et constitue un facteur supplémentaire de spécificité ; enfin, le Z₁₁TDol agit sur le comportement à courte distance du mâle et favorise son approche de la femelle.

Remarquons enfin que les *Olethreutinae* étudiés ici (*Hedya* sp.) sont entièrement isolés des autres *Tortricinae* par l'utilisation de médiateurs chimiques présentant une structure linéaire à douze atomes de carbone. Ils répondent donc à la règle dichotomique établie par Comeau et Roelofs (1973).

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Field trapping of Tortricids from apple orchards with synthetic sex attractants

By field screening of various blends containing Z₁₁ tetradecenyl acetate (Z₁₁TDA) in admixture with other tetradecenyl acetates (mainly E₁₁ and Z₉ isomers) or the corresponding alcohols, we have been able to propose, in 1978, synthetic sex attractants for *Argyrotaenia pulchellana*, *Archips xylosteanus*, *Choristoneura sorbiana* and *Ptycholoma lecheanum*. By G. C. analysis of the pheromonal secretion from virgin female of *Argyrotaenia pulchellana*, *Archips xylosteanus* and *Choristoneura sorbiana* it has been possible to specify composition of the natural sex attractant used by each species and to get more efficient and more selective synthetic mixtures.

Pandemis heparana and *Hedya nubiferana*, have never been caught during our systematic field trapping experiments. First it has been necessary to analyse the various components of the pheromonal secretion for each species before proposing attractive blends.

Results described here, clearly demonstrate importance of secondary components from females sex-pheromones for males short range behavior and their role in mechanisms of chemical isolation between sympatric species.

Références bibliographiques

- ANDO T., KUROKO H., NAKAGAKI S., SAITO O., OKU T., TAKAHASHI N., 1978. Two components sex attractants for male moths of the subfamily *Tortricinae* (Lepidoptera). *Agric. Biol. Chem.*, **42**, (5), 1081-1083.
- ARN H., 1975. Sexuallockstoffe der Lepidopteren chemische Gesichtspunkte ihrer Verwandung in pflanzenschutz. C. R. 5^e symposium Lutte intégrée en vergers, OILB/SROP, 285-286.
- ARN H., 1979. Communications personnelles.
- ARN H., PRIESNER E., 1979. Communication personnelle.
- BAGGIOLINI N. dans MILAIRE H. G., GUILBOT R., GOUJET R., 1977. Note d'information. Lutte intégrée, ACTA, **24**, 25-32.
- BAKER T. C., CARDE R. T., ROELOFS W. L., 1976. Behavioral responses of male *Argyrotaenia velutinana* (Lepidoptera *Tortricidae*) to components of its sex pheromone. *J. Chem. Ecol.*, **2**, (3), 83-89.
- BAKER T. C., CARDE R. T., 1979. Courtship behavior of the oriental fruit moth (*Grapholita molesta*) Experimental analysis and consideration of the role of sexual selection in the evolution of Courtship pheromones in the Lepidoptera. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **72**, 173-188.
- BALACHOWSKY S. A., 1976. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II (Masson, Paris) 493-892.
- BIWER G., DESCOINS C., GALLOIS M., PRIESNER E., CHAMBON J. P., GENESTIER G., MARTINEZ M., 1977. Etude de la sécrétion phéromonale de la femelle vierge de la tordeuse des céréales : *Cnephasia pumicana* Zeller (Lépidoptère *Tortricidae*). *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **10**, (1), 129-138.
- CARDE R. T., CARDE A. M., HILL A. S., ROELOFS W. L., 1977. Sex pheromone specificity as a reproductive isolating mechanism among the sibling species *Archips argyrospilus* and *Archips mortuanus* and other sympatric *Tortricinae* moths. *J. chem. Ecol.* **3** (1), 71-84.

- COMEAU A., ROELOFS W. L., 1973. Sex attraction specificity in the *Tortricidae*. *Entomol. Exper. Appl.*, **16**, 191-200.
- DESCOINS C., GALLOIS M., 1959. Analyse par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de lépidoptères. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **11**, 521-532.
- FREROT B., GALLOIS M., PRIESNER E., 1979. A sex attractant for the green budworm moth, *Hedya nubiferana* Haw. *Naturwissenschaften* (sous presse).
- FREROT B., 1979. Réunion « phéromones », Station de Zoologie, INRA, Antibes (sous presse).
- FUKAMI H., 1976. Structure elucidation of insect sex pheromone in Japan. Proc Symp. on insect pheromones and their application. Nagaska, Tokyo.
- HANNEMANN H. J., 1961. Die Kleinschmetterlinge oder Microlepidoptera 1-Die Wickler, Gustav Fischer Verlag IENA.
- HEATH R. R., TUMLINSON J. H., DOOLITTLE R. E., PROVEAUX T. A., 1975. Silver nitrate high pressure liquid chromatography of geometrical isomers. *J. Chromatogr. Sci.*, **13**, 380-382.
- HEATH R. R., TUMLINSON J. H., DOOLITTLE R. E., 1977. Analytical and preparative separation of geometrical isomers by high efficiency silver nitrate liquid chromatography. *J. Chromatogr. Sci.*, **15**, 10-13.
- HILL A. S., CARDE R. T., KIDO H., ROELOFS W. L., 1976. Sex pheromone of the orange tortrix moth, *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera : *Tortricidae*). *J. Chem. Ecol.*, **1** (2), 215-224.
- HILL A. S., ROELOFS W. L., 1979. Sex pheromone components of the obliquebanded leafroller moth, *Choristoneura rosaceana*. *J. Chem. Ecol.* **5** (1), 3-12.
- IMMS A. D., 1934. A general textbook of Entomology (Methuen, Londres), 547-548.
- LETTERE M., DESCOINS C., SAMAIN D., 1980. Synthèses stéréosélectives de phéromones sexuelles de Lépidoptères. *Synthesis*.
- MAINI S., 1975. Prove di efficacia con feromoni di sintesi per l'attrazione sessuale della Piralide del Mais. *Inform. Agr.*, **42**, 20813-20820.
- MEIJER G. H., RITTER F. J., PERSOONS C. J., MINKS A. K., VOERMAN S., 1972. Sex pheromones of the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* : two synergistic isomers. *Science*, **175**, 1469-1470.
- MILAIRE H. G., 1976. Piégeages d'*Adoxophyes orana* et *Archips podanus* au moyen de phéromones sexuelles de synthèse et remarques sur *Pandemis heparana*. Bordeaux. Réunion INRA sur les phéromones sexuelles de Lépidoptères, 13-16.
- MILLER J. R., BAKER T. C., CARDE R. J., ROELOFS W. L., 1976. Reinvestigation of oak leaf roller sex pheromone components and the hypothesis that they vary with diet. *Science*, **192**, 140-143.
- MINKS A. K., ROELOFS W. L., RITTER F. J., PERSOONS C. J., 1973. Reproductive isolation of two tortricid moth species by different ratios of two components sex attractant. *Science*, **180**, 1073-1074.
- MINKS A. K., VOERMAN S., HERREBOUT W. M., 1977. Crop protection agents. Their biological evaluation. Edit. N. R. Mac FARLANE, Academic Press New-York, 223-233.
- NIAZEE ALI M. T., 1976. Field studies on sex pheromone trapping of the Filbert leafroller, *Archips rosanus* in Oregon. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **69** (1), 820-824.
- PERSOONS C. J., MINKS A. K., VOERMAN S., ROELOFS W. L., RITTER F. J., 1974. Sex pheromone of the moth, *Archips podana*, isolation, identification and field evaluation of two synergistic geometrical isomers. *J. Insect Physiol.*, **20**, 1181-1188.
- PRIESNER E., 1978. Communication personnelle.
- PRALAVORIO M., LALANNE-CASSOU B., 1979. Réunion « Phéromones », Station de Zoologie, Antibes, 106-108.
- ROELOFS W. L., TETTE J. P., 1970. Sex pheromone of the oblique banded leaf roller moth. *Nature*, **226**, 1172.
- ROELOFS W. L., HILL A., CARDE R., TETTE J. P., MADSEN H., VAKENTI J., 1974. Sex pheromone of the fruit tree leafroller moth *Archips argyrospilus*. *Env. Entomol.* **3**, 747-751.
- ROELOFS W. L., HILL A., CARDE R., 1975. Sex pheromone components of the redbanded leafroller *Argyrotaenia velutinana*. *J. Chem. Ecol.*, **1**, 83-89.
- ROELOFS W. L., HILL A., CARDE R., MADSEN H., VAKENTI J., 1976. Sex pheromone of the European leafroller, *Archips rosanus*. *Env. Entomol.*, **5** (2), 362-364.
- ROELOFS W. L., CARDE A., HILL A., CARDE R., 1976. Sex pheromone of the threelined leafroller, *Pandemis limitata*. *Env. Entomol.*, **5** (4), 649-651.
- ROELOFS W. L., LAGIER R. F., HOYT S. C., 1977. Sex pheromone of the moth, *Pandemis pyrusana*, *Env. Entomol.*, **6** (3), 353-354.
- ROELOFS W. L., CARDE R. T., 1977. Responses of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. *Ann. Rev. Entomol.*, **22**, 377-405.
- SANDERS C. J., WEATHERSTON, J., 1976. Sex pheromone of the eastern spruce budworm (Lepidoptera : *Tortricidae*). Optimum blend of trans and cis 11 tetradecenal. *Can. Entomol.*, **108**, 1285-1290.

- TAMAKI Y., NOGUCHI H., YUSHIMA T., HIRANO C., 1971. Two sex pheromones of the smaller tea tortrix : Isolation, identification and synthesis. *Appl. Ent. Zool.*, **6**, 139-141.
- VOERMAN S., MINKS A. K., 1973. Sex pheromones of summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*. Compounds influencing their attractant activity. *Env. Entomol.*, **2** (5), 751-756.
- VOERMAN S., 1979. Odour Communication in animals in Chemical Ecology, Ed. F. J. RITTER, Elsevier, Amsterdam, Biomedical press., 353-363.
- VOGEL W., 1959. Die Wickler aus der Gattung *Acalla* an Ostbäumen. *Schweiz. Z. Obst. Weinbau.*, **68**, 122-124.
- WEATHERSTON J. ROELOFS W. L., COMEAU A., SANDERS C. J., 1971. Studies of physiologically active arthropod secretions (X) sex pheromone of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera : Tortricidae). *Can. Entomol.*, **103**, 1741-1747.
- WEATHERSTON J., 1976. Field testing of Z_{11} TDal as attractant or synergist in *Tortricinae*. *Experientia*, **32**, 176.
-

Etude de la répartition géographique de la tordeuse des céréales (*Cnephasia pumicana* Zeller, Lépidoptère Tortricidae) en France

J. P. CHAMBON

Laboratoire de Faunistique Ecologique
Centre national de Recherches agronomiques, INRA,
78000 Versailles

Résumé

La Tordeuse polyphage, *Cnephasia pumicana* Zeller est un ravageur important des céréales à paille. Son aire de répartition, de 1965 à 1968-69 s'est étendue à plusieurs départements du Bassin parisien. La synthèse de la phéromone sexuelle de cette espèce nous a permis d'entreprendre, par piégeage, l'étude de sa répartition actuelle (1978). *C. pumicana* occupe presque toute la France, les départements bretons et ceux du sud-ouest du Massif Central semblant en être dépourvus.

Cnephasia pumicana est une Tordeuse dont la larve est très polyphage, de telle sorte que l'insecte peut accomplir son développement sur un grand nombre de plantes (Graminées, légumineuses, linacées). C'est cependant sur les cultures céréalières (blé, orge, avoine) qu'il commet, depuis 1965, des dégâts économiquement appréciables. A l'heure actuelle cette espèce doit être considérée comme un des ravageurs importants des céréales à paille.

C. pumicana a une seule génération par an. La larve hiverne au premier stade dans un hibernaculum sous les écorces des arbres. Elle reprend son activité au printemps (mars à mai), sort de son abri d'hivernation et se laisse pendre au bout d'un fil de soie. Dans cette position elle est arrachée et transportée par le vent dans des directions et à des distances variables avec le sens et la force de l'élément vecteur (Chambon, 1969). Ce comportement particulier des jeunes larves au printemps leur permet de parvenir sur leurs plantes-hôtes et assure l'extension de l'aire de répartition de l'espèce.

Le développement larvaire se déroule d'avril à juin et la nymphose s'effectue en place dans les gaines des épis. Les adultes volent en juillet et dès leur émergence ils se regroupent dans les bois, taillis, haies les plus proches, où les femelles pondent sur les écorces rugueuses des troncs.

Ce ravageur dont la première pullulation brusque a eu lieu en 1964-1965 dans le Gâtinais était alors très localisé. De 1965 à 1968 son aire de répartition s'est étendue à plusieurs départements du Bassin parisien (Chambon, 1969).

La mise au point, par le Laboratoire des Médiateurs Chimiques de l'INRA, de la phéromone sexuelle de cette espèce a été réalisée en 1976-1977 (Biwer, *et al.*, 1978). L'analyse par chromatographie en phase gazeuse, des constituants volatils de la glande productrice de phéromone de la femelle vierge de *C. pumicana* fait apparaître trois constituants : l'acétate de dodécanyl (C12 O.Ac), et les deux isomères de l'acétate de dodécényl Cis (Z) 9 et trans (E) 9.

Les meilleures formulations capables d'attirer sélectivement *C. pumicana* dans la nature sont les mélanges Z.9 DDA/E.9 DDA, 50/50 et 40/60 à 1 000 μg /capsule auxquels on ajoute 1 000 μg d'acétate de dodécanyl.

La synthèse de cette phéromone nous a permis de mettre en place une étude sur la répartition actuelle (en 1978) de *Cnephasia pumicana*.

Dans chaque département de France, au moins deux pièges ont été installés, en lisière d'un bois ou d'un boqueteau voisin d'une culture céréalière, selon un protocole défini compte tenu du comportement des adultes. De façon à couvrir la totalité de la période de vol les pièges ont été mis en place de début juin à fin juillet, grâce à la collaboration des agents régionaux de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages et du Service de la Protection des Végétaux.

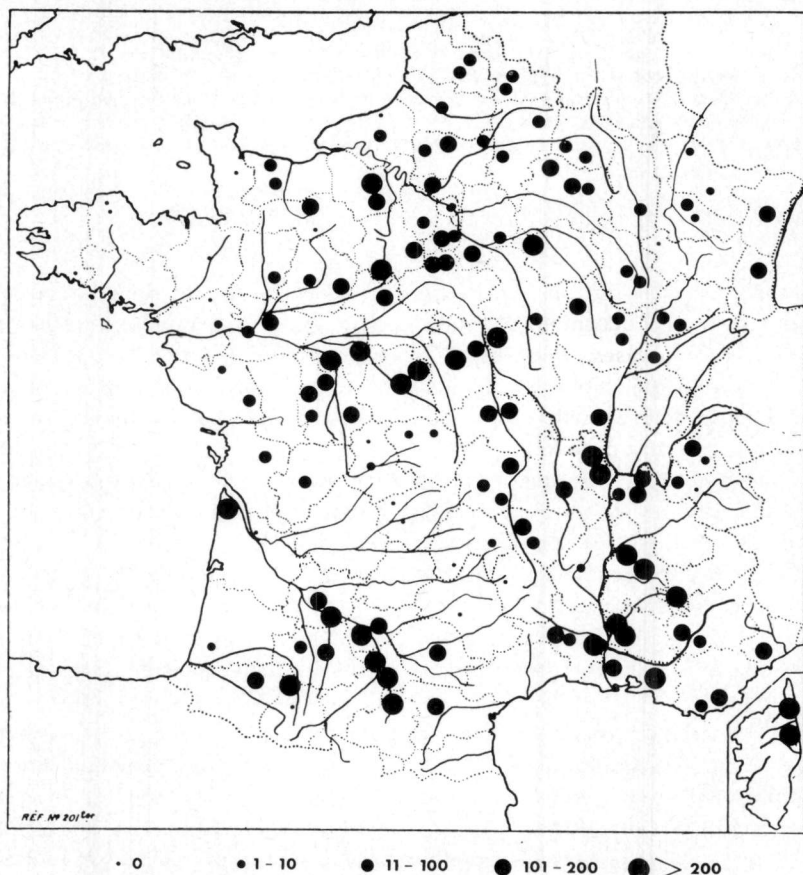


FIG. 1. — Répartition géographique de *Cnephasia pumicana* Z. en 1978, établie par piégeage sexuel (Z9 DDA/E9 DDA).

Les résultats de notre enquête portent sur l'examen et l'identification de dix-sept mille trois cent quatre-vingt-treize captures faites sur l'ensemble du territoire, et sont reportés sur la figure 1.

Le centre de chaque rond noir indique la situation géographique du point de piégeage.

L'analyse des captures donne un certain nombre d'informations :

— localisé en 1966-1968 à quelques départements du Bassin parisien, *C. pumicana* en 1978 occupe presque toute la France. Cette espèce semble absente des départements bretons et de ceux du sud, sud-ouest du Massif Central où des observations complémentaires seront faites en 1979. Dans le reste du pays les captures les plus importantes sont situées dans les vallées du Rhône, de la Garonne, de La Loire, et de la Seine mais on peut dire que le ravageur est présent partout y compris en Corse.

— Le piégeage sexuel des mâles par un attractif de synthèse nous donne une excellente indication sur la répartition actuelle de l'insecte et sur l'importance des populations d'adultes, celle-ci est évidemment en relation avec la densité des pontes qui seront déposées, donc avec le nombre de chenilles susceptibles d'être dispersées l'année suivante.

L'intérêt d'une telle étude est double : en dehors de la connaissance de la répartition actuelle, l'importance des captures nous permet d'attirer l'attention de l'agronome sur les risques potentiels, que la présence de cet insecte dans certaines zones fait courir aux cultures céréalières.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Geographic distribution of the cereal leaf tiers Cnephasia pumicana Zeller (Lep. Tortricidae) in France

The polyphagous leaf tiers *Cnephasia pumicana* Zeller is a very important pest on cereal crops, since 1965, in extension in France.

Actually its area covers in all France. This study has been realised with synthetic sex pheromon.

Références bibliographiques

- BIWER G., DESCOINS C., GALLOIS M., PRIESNER E., CHAMBON J. P., GENESTIER G., MARTINEZ M., 1978. Etude de la sécrétion phéromonale de la femelle vierge de la Tordeuse des céréales : *Cnephasia pumicana* Zeller (Lépidoptère, Tortricidae). *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **10**, 129-138.
- CHAMBON J. P., 1969. Extension d'un foyer et dispersion des populations d'une Tordeuse (*Cnephasia pumicana* Zeller, Lépidoptère Tortricidae) *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **1**, 433-444.
-

**Trois ans d'essais de lutte contre le Carpocapse
(*Laspeyresia pomonella* L.)
par la méthode de confusion des mâles
avec une phéromone sexuelle de synthèse**

H. AUDEMARD *, P. J. CHARMILLOT ** et Françoise BEAUVAIS ***

* Station de Zoologie
Centre de Recherches d'Avignon, I.N.R.A.
84140 Montfavet

** Station fédérale de Recherches agronomiques 1260 Nyon, Suisse

*** Laboratoire des Médiateurs chimiques, INRA
Magny-les-Hameaux, 78470 St-Rémy-lès-Chevreuse

Résumé

La technique de confusion par diffusion d'attractif sexuel synthétique (E-8, E-10-DDol) est testée pendant 3 ans avec une méthodologie similaire dans des vergers de pommiers commerciaux de Suisse romande et de France. Des diffuseurs tubulaires en caoutchouc, contenant l'attractif, sont suspendus dans la couronne des arbres, à raison d'un diffuseur par arbre en bordure de verger, et d'un pour un à cinq arbres à l'intérieur. Parfois, une ceinture de diffuseurs est mise en place à l'extérieur du verger pour assurer une bonne protection des bordures. La diffusion moyenne dans les parcelles, déterminée par pesage régulier des diffuseurs, oscille entre 3,7 et 106,2 mg/ha/h. Aucune capture de papillons n'est effectuée dans les pièges appâtés de femelles vierges ; par contre, avec les capsules chargées d'un mg d'attractif synthétique, l'inhibition de captures est sensiblement meilleure en France qu'en Suisse romande. Le pourcentage de fruits attaqués varie selon les parcelles, la population de départ, la charge des arbres et les conditions de diffusion. Dans quelques cas, une lutte chimique s'est avérée indispensable en fin de saison, afin de maintenir les attaques en-dessous du seuil de tolérance. L'effet de la confusion est surtout estimé par l'évolution des populations de larves et nymphes capturées dans les bandes-pièges. Dans sept essais sur douze, une protection des vergers de pommiers équivalente à celle procurée par la lutte chimique dirigée, est assurée par la confusion.

1. — Introduction

La phéromone sexuelle E-8, E-10 DDol, découverte chez la femelle vierge du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) et synthétisée par Roelofs *et al.* (1971), s'est affirmée d'une efficacité remarquable pour le piégeage des mâles. Cependant les essais de lutte par piégeage de masse ont dans leur majorité échoué (Moffitt, 1973 ; Wildbolz *et al.*, 1973 ; Charmillot et Baggiolini, 1975 ; Audemard, données non publiées), car les pièges sont concurrencés par les femelles du verger et une proportion importante de mâles s'accouplent avant d'être capturés comme l'a montré Coutin (1976). Mais lorsque le verger était isolé et la population extrêmement faible une protection

TABLEAU 1

Caractéristiques générales des vergers d'essai de lutte par confusion sexuelle contre le Carpocapse (Laspeyresia pomonella L.)

Localisations Noms des vergers	Références utilisées dans cette note	Superficies en hectares	Nombres d'arbres	Âges en années (en 1977)	Variétés	Modes de conduite des arbres (¹)	Années des essais (Remarques)
<i>Suisse romande</i>							
Allaman « Rivaz ».....	S1	0,7	201	18	golden delicious	1	1976-1977-1978
Nyon « Changins parcelle 17 »	S2	0,1	38	23	golden delicious	1	1977-1978
Signy	S3	3,1	1 500	12	golden delicious qqes li- gnes Gravenstein, Mai- gold	2	1977
Nyon « Plantaz ».....	T1	0,3	40	40 (environ)	vieilles variétés (⁴)	1	(verger témoin sans lutte)
<i>France Basse vallée du Rhône</i>							
Avignon « Barthelasse Manguin »	A1	0,75	206	13	golden delicious	1	1976-1977-1978
Avignon « Barthelasse Manguin »	A3	1	570	13	golden delicious	2	1977-1978 (²)
Cavaillon « Les Vignères Mestre »	D1	3	2 147	17	golden delicious	2	1977 (³)
Avignon « Barthelasse Bernard »	B1	0,25	84	13	golden delicious	1	(verger témoin sans lutte)

(¹) 1 = plein vent ; 2 = espalier.

(²) Lutte sur première génération seulement.

(³) Lutte sur deuxième génération seulement.

(⁴) Boskoop, Reinette grise, Reinette Canada.

satisfaisante de la récolte a été obtenue avec dix-vingt pièges/ha environ. Ce résultat a été limité à 2-3 ans en raison de l'augmentation du niveau de la population (Proverbs *et al.*, 1975 ; Madsen *et al.*, 1976).

Une autre possibilité de lutte contre le Carpopapse par utilisation de la phéromone sexuelle de synthèse, qui avait été envisagé d'une manière générale chez les insectes par Wright (1963), est la méthode de confusion. Son principe consiste à diffuser en permanence une quantité relativement importante de phéromone afin d'imprégner régulièrement et uniformément l'atmosphère du verger. Le but recherché est de désorienter les mâles et de les rendre ainsi incapables de localiser les appels odorants de leurs femelles, empêchant la rencontre des sexes et la reproduction.

Dans un essai effectué aux U.S.A. (Moffitt et Hathaway, 1974) avec des adultes stérilisés par irradiation, aucun des cinq cent mâles lâchés avec cinq cent femelles n'a été capturé dans les pièges appâtés avec la phéromone sexuelle. Ce résultat met en évidence une rupture de communication mais il ne prouve pas l'absence de rencontre des sexes.

Un essai préliminaire a été réalisé en 1975 à Avignon par Audemard *et al.* (1976) dans un verger expérimental de pommiers en utilisant la technique des lâchers d'adultes vierges. Avec une émission estimée théoriquement à 7,2 mg/ha/h de phéromone sexuelle de synthèse (Codlemone de Zoëcon Corporation), une réduction de 86 p. 100 des attaques sur fruits a été obtenue.

Les essais de lutte contre le Carpopapse par confusion des mâles relatés dans cette note ont été conduits durant 3 ans, principalement dans des vergers commerciaux de pommiers de Suisse romande et de France avec une méthodologie similaire.

2. — Matériel et méthodes

2.1. — Caractéristiques des vergers

Il s'agit de vergers de pommiers en pleine production pour la plupart exploités à des fins commerciales. Leurs caractéristiques générales sont données dans le tableau 1. Nous avons attribué à chaque verger une référence simple qui sera utilisée pour le désigner dans le texte.

Tous les vergers, à l'exception du verger S1 et du verger A3 sont situés à proximité immédiate d'autres vergers de pommiers. Il faut toutefois indiquer qu'en France les vergers sont entourés par des haies brise-vent de peupliers ou de cyprès assez denses. Dans le verger S1 le dernier rang au nord dépasse de 40 m l'alignement des autres rangs.

2.2. — Diffusion de la phéromone sexuelle

Les quantités de phéromones sexuelles E-8, E-10 DDol nécessaires aux essais ont été synthétisées selon un procédé original (Samain *et al.*, 1978) sous la responsabilité du laboratoire des Médiateurs chimiques de l'I.N.R.A. En 1978, un antioxydant, l'alpha-tocophérol est ajouté à la phéromone dans la proportion de 1 p. 100.

L'émission de la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol dans les vergers est assurée par des diffuseurs suspendus à poste fixe dans la couronne des arbres.

TABLEAU 2

Diffusion de la phéromone sexuelle de synthèse du *Carpocapse* (*Laspeyresia pomonella* L.) dispositifs d'essais et quantités mises en œuvre

Années d'essai références des vergers (¹)	Systèmes de protection du diffuseur (²)	Nombres de diffuseurs (³)	Modalités de répartition des diffuseurs (nombres diffuseurs /nombres arbres)			Quantités de phéromone en g/ha		Durées de l'essai en jours	Diffusion en mg/ha/h	
			Centre	Bordure	Ceinture	Déposées verger + ceinture (verger)	Ayant diffusé (⁶)		Moyennes pour la saison (⁶)	Extrêmes (⁶)
Suisse romande										
1976 S1	a	97 + 237	1/4	1/1	en juillet	85,7 (83,6)	59,1	127	18,5	6,9 -34,0
1977 S1	c	204	1/4	1/1	+	86,8 (41,3)	20,2	125	6,73	2,4 -13,6
1977 S2	c	71	1/1	1/1	+	71,0 (42,2)	20,6	125	6,5	0,8 -15,1
1977 S3	c	441 + 88	1/5	1/1	+	31,3 (22,0)	11,4	125	3,7	0,46- 8,5
1978 S1	c	204	1/4	1/1	+	71,5 (50,4)	19,2	104	7,7	5,6 -12,3
1978 S2	c	71	1/1	1/1	+	71,2 (36,2)	16,7	104	6,7	4,9 -10,7
France										
1976 A1	b	136 + 136 + 136 + 136	1/2	1/1		132	84	152	23	3,3 à 70,8
1977 A1	a	136 + 136 + 136	1/2	1/1		158	85	162	21,9	2,1 à 30
1977 A3	b	219 (⁴)	1/6	1/1	+	140	60	85	29,4	2,2 à 37,9
1977 D1	b	566 (⁴)	1/3	1/2 ou 1/1	(⁵)	126	102	40	106,2	77,1 à 112,9
1978 A1	d	142 + 142	1/2	1/1		124,8	77,8	147	13,7	4,2 à 30,3
1978 A3	d	229 (⁴)	1/6	1/1	+	70	23,9	95	9,2	0 à 18,9

⁽¹⁾ Les localisations et caractéristiques des vergers sont données dans le tableau 1.⁽²⁾ a = diffuseur non protégé ; b = diffuseur protégé par une planchette ; c = diffuseur protégé par un gobelet plastique ; d = diffuseur protégé par un gobelet en carton paraffiné avec fenêtres d'aération.⁽³⁾ Chaque chiffre se réfère à une série de diffuseurs dans l'ordre chronologique de mise en place.⁽⁴⁾ Lutte sur une seule génération.⁽⁵⁾ Dans la partie centrale, un diffuseur pour trois arbres un rang sur deux.⁽⁶⁾ Valeur pour le verger, ceinture, exclue en Suisse romande.

Le diffuseur a été réalisé par nos propres moyens. Il est constitué par un tube de caoutchouc de 3 mm de diamètre (2 mm de diamètre intérieur) rempli de phéromone sexuelle et obturé aux deux extrémités par des clips métalliques. La charge des diffuseurs varie en fonction de la longueur du tube.

Ce tube est utilisé avec ou sans protection selon quatre présentations :

- a) diffuseur non protégé, suspendu dans l'arbre par un fil de fer ou fixé avec des pincettes ;
- b) diffuseur protégé par une planchette de bois, peinte en blanc ou recouverte d'aluminium, à laquelle il est suspendu ;
- c) diffuseur recouvert par un gobelet de plastique ;
- d) diffuseur, recouvert par un gobelet de carton paraffiné avec fenêtres d'aération.

Le gobelet ou la planchette sont destinés à assurer une protection du diffuseur contre la pluie et le rayonnement solaire.

Les dispositifs d'essai des divers vergers relatifs à la diffusion de la phéromone sexuelle sont présentés d'une manière résumée dans le tableau 2.

Le nombre de diffuseurs par hectare et par série dépend de la quantité initiale de phéromone qu'on a décidé d'employer et de la configuration de la parcelle c'est-à-dire du nombre d'arbres et de l'environnement. Le nombre de diffuseurs est plus important sur les arbres des bordures du verger. Des barrières de diffuseurs sont mises en place autour des vergers S1, S2, S3 et A3, dans ce dernier cas sur certains côtés seulement. Pour former ces barrières, les diffuseurs sont soit suspendus à un fil de fer tendu entre deux piquets, soit accrochés dans la végétation environnante : vigne en S1, 1976, arbres ou haies brise-vent en A3.

Les quantités de phéromones diffusées sont estimées par des pesées périodiques, toutes les une à deux semaines, de dix à trente diffuseurs chargés et d'un nombre égal de diffuseurs vides. Lorsque la charge estimée des diffuseurs n'est plus que de 1/3 à 1/4 de la charge initiale une autre série est ajoutée. Deux à quatre séries ont ainsi été ajoutées selon les essais. Cette situation s'est reproduite en France tous les ans dans les essais portant sur les deux générations. Cela s'explique par la longueur de la période de présence des adultes : 5 mois contre 3 mois et demi en Suisse romande, et par les conditions climatiques.

2.3. — Méthodes de contrôle des résultats sur la population de Carpopapse

Les résultats de la lutte par confusion sur l'évolution du Carpopapse et la protection de la récolte sont appréciés au moyen de quatre méthodes :

2.31. Le lâcher puis la capture de mâles.

Des mâles provenant d'élevage sont marqués avec une poudre fluorescente puis lâchés dans le verger d'essai et comparativement dans un verger témoin sans lutte. Dans ces vergers sont disposés des pièges appâtés avec une capsule chargée de 1 mg de phéromone sexuelle de synthèse. Cet essai n'a eu lieu que dans le verger S1 en 1976 en début de saison.

2.32. Captures des adultes indigènes au piège sexuel.

Les pièges utilisés sont du modèle « standard OILB à déflecteur horizontal » (Charmillot *et al.*, 1971) en Suisse romande et du modèle Pherotrop 1CP (de Zoëcon Corporation) en France. Ils sont appâtés : soit avec des femelles vierges provenant des élevages permanents de Carpocapse de Changins et de Montfavet, soit avec une capsule de caoutchouc chargée de 1 mg de phéromone sexuelle de synthèse (le plus souvent Codlemone de Zoëcon Corporation).

Les pièges à femelles vierges comportent une cagette par piège contenant trois femelles, alimentées en eau sucrée et renouvelées tous les 3 à 5 jours. L'absence de captures dans les pièges lors des premiers essais, nous a conduit à éliminer ultérieurement ce mode d'observation.

Les pièges, quel que soit l'appât, sont disposés dans les arbres dans les conditions habituelles et observés trois fois par semaine (Charmillot *et al.*, 1975).

Les dispositifs de piégeage ont varié selon les essais (tabl. 3). Dans les essais d'Avignon des pièges sont aussi placés dans les haies environnant les vergers.

TABLEAU 3

Résultats du piégeage sexuel du *Carpocapse* (*Laspeyresia pomonella* L.) dans les essais de lutte par confusion

Années d'essai Références des vergers (¹)	Nombres et répartition des pièges			Nombres de mâles capturés		Remarques	Captures ramenées à 1 ha
	Femelles vierges Total (²)	Phéronemo sexuelle (capsules de 1 mg)		Pièges à femelles vierges	Pièges à phé- romones		
		Total	Répartition (Bordures + centre)				
1976 S1	2	6	0 + 6 (³)	0	13	avec capsules 1 mg	18,6
1977 S1	0	5	4 + 1		18	12 bord + 6 centre	25,7
1977 S2	0	5	4 + 1		28	24 bord + 4 centre	280
1977 S3	0	5	4 + 1		54	38 bord + 16 centre	18
1978 S1	0	5	4 + 1		11	8 bord + 3 centre	15,7
1978 S2	0	5	4 + 1		33	30 bord + 3 centre	330
1976 A1	2	8	6 + 2 (⁴)	0	7	bordures	9,3
1977 A1	2	8	6 + 2	0	6	3 bord + 3 centre	8
1977 A3	2	10	8 + 2	0	1	centre	1
1977 D1	3	13	10 + 3	0	17	6 bord + 11 centre	5,7
1978 A1	0	9	6 + 3		1	bordure	1,3
1978 A3	0	12	4 + 8		0		0

(1) Les caractéristiques des vergers sont données dans le tableau 1.

(2) Pièges placés dans la partie centrale des vergers.

(3) Dont trois pièges appâtés avec un diffuseur chargé de 300 mg de phéromone.

(4) Bordures = haies brise-vent environnantes.

2.33. Contrôle visuel des fruits attaqués.

Un comptage des fruits non commercialisables par attaque de *Carpocapse* est effectué à la récolte et éventuellement en cours de saison, soit en fin de première génération, soit lorsque le déroulement de l'essai le rend souhaitable.

Le comptage de récolte porte en France sur quatre mille fruits examinés sur cinquante arbres ce qui permet de connaître les pourcentages moyens d'attaques avec une bonne précision (intervalle de confiance 20 p. 100 de la moyenne, 2 p. 100 de fruits attaqués) (Audemard, 1973a).

En Suisse romande, le contrôle porte sur dix arbres dont la totalité des fruits, sur l'arbre et tombés à terre, sont examinés (Charmillot *et al.*, 1976). Cela permet : d'établir le pourcentage de fruits attaqués, d'estimer le nombre de larves de Carpo-capse ayant terminé leur évolution selon la notation 5a de Baggiolini et Grob (1968). Ce chiffre donne une indication sur les populations cumulées des deux générations.

2.34. *Dynamique de la population.*

Le piégeage des larves âgées s'effectue à l'aide de bandes-pièges de carton ondulé disposées autour des troncs (Audemard, 1973b ; Charmillot *et al.*, 1976). Le nombre de bandes utilisées est de quarante par verger dont dix en général sur les arbres de bordure (Audemard, 1976). Cependant dans l'essai 1977 D1 le nombre de bandes a été porté à quatre-vingt pour tenir compte de la superficie du verger.

Ces bandes sont mises en place avant que les larves âgées de première génération ne recherchent un abri. Leur relevé hebdomadaire procure des informations sur :

- l'échelonnement des captures ;
- la nymphose éventuelle des larves. Pour cela le devenir des larves capturées est suivi dans des boîtes plastiques grillagées attachées au tronc (Audemard, 1973b) ;
- le nombre de larves diapausantes — hivernantes avant et après essai. Cette information peut être aussi connue avec une seule observation automnale.

Il est souvent possible à Avignon de séparer les deux générations parmi les larves capturées (Audemard, 1976), ce qui n'est pas le cas en Suisse romande.

Le risque d'attaques de deuxième génération, et même celui de première à Avignon, peut être connu à partir des informations recueillies dans les bandes-pièges (Audemard, 1973b, 1976 ; Charmillot *et al.*, 1976), ce qui est important pour l'organisation des essais.

3. — Résultats

3.1. — *Diffusion de la phéromone*

Les quantités de phéromone sexuelle de synthèse utilisées et ayant diffusé dans les essais sont indiquées dans le tableau 2. Conformément aux recommandations du Groupe de travail « Carpo-capse » de l'OILB/SROP (Organisation Internationale de Lutte Biologique/Section Régionale Ouest Paléarctique), elles sont exprimées en :

- a) grammes de phéromone par hectare pour les quantités globales placées et ayant diffusé dans les vergers ;
- b) milligrammes par hectare et par heure pour la diffusion en fonction du temps, c'est-à-dire au cours d'une période déterminée.

Les poids de phéromone déposés représentent le cumul des poids de phéromone mis en œuvre dans les séries de diffuseur, successivement accrochées aux arbres. C'est une information d'ordre pratique.

La quantité diffusée, exprimée en milligrammes par hectare et par heure, est en fait une moyenne. Elle est obtenue par la division de la quantité ayant diffusé, estimée par pesées successives, par le nombre d'heures séparant deux pesées. Les valeurs extrêmes de diffusion mentionnées dans le tableau 2 se rapportent à des périodes de une à deux semaines, au cours desquelles on ne connaît pas les éventuelles variations horaires de la diffusion. Il faut remarquer que les quantités de phéromone mises en place sur les bordures sont plus élevées ; cela entraîne une irrégularité d'émission dans l'espace.

Lors du déroulement de la diffusion le diffuseur de caoutchouc prend un aspect gluant. Les poussières et débris en suspension dans l'air, et ceux du végétal le cas échéant, viennent se coller sur la pellicule gluante. Les gros débris sont éliminés avant la pesée, mais les résultats de cette dernière peuvent être tout de même affectés.

Les variations introduites par la rétention d'humidité dans le caoutchouc sont en principe contrôlées par la pesée des diffuseurs témoins vides.

Dans l'essai D1 1977 la diffusion rapide, qui n'avait pas été prévue, a entraîné la mise en place d'une deuxième série de diffuseurs avec un retard de l'ordre de deux semaines, par rapport à la date nécessaire pour assurer le maintien d'un taux d'émission suffisant. Cette série sans effet pratique n'est pas mentionnée dans le tableau 2.

3.2. — *Lâchers-captures des mâles*

Dans l'essai S1 1976, les diffuseurs sont mis en place le 10 mai. Le 12 mai puis le 9 juin, respectivement cent et cent quarante-deux mâles marqués avec une poudre fluorescente sont lâchés dans le verger S1 et dans un verger témoin.

Aucune capture aux pièges à phéromone n'est intervenue dans le verger S1, alors que pour les deux lâchers, respectivement vingt-sept et dix-neuf mâles marqués sont capturés dans le verger témoin.

Cela montre apparemment une rupture totale des communications entre les sexes.

3.3. — *Captures d'adultes indigènes au piège sexuel*

Les captures d'adultes mâles, dont le détail est relaté dans le tableau 3 doivent être examinées compte tenu de la superficie des vergers. Nous avons donc par un calcul proportionnel ramené les chiffres à 1 ha.

Il ne paraît pas indispensable de tenir compte du nombre de pièges car dans les essais de Suisse romande les nombres sont identiques et dans les essais de France, les captures sont extrêmement faibles.

3.4. — *Attaques sur fruits*

Les pourcentages de fruits attaqués par le Carpocapse, contrôlés à la récolte, figurent dans les tableaux 4 et 5. Ces pourcentages varient en fonction de la protection obtenue par la lutte et de la charge des arbres en fruits. Ils représentent le résultat

au plan économique et sont à apprécier par référence au seuil de tolérance de 2 p. 100 de fruits attaqués.

Une lutte chimique s'est avérée indispensable dans certains essais en fin de saison afin de maintenir les attaques dans les limites imposées par les arboriculteurs propriétaires des vergers d'essai. Tel est le cas dans l'essai S1 1971 où le 23 août un traitement au tétrachlorvinphos est appliqué sur le 1/3 ouest du verger. L'attaque dans le 2/3 restant est de 2,56 p. 100 alors que la moyenne pour le verger est de 3,15 p. 100. L'essai D1 1977 reçoit un traitement au phosalone le 25 août à la suite d'attaques récentes et l'essai A3 1978, deux traitements au diflubenzuron les 24 juillet et 12 août.

Lorsque seule la première génération a subi l'effet de la lutte par confusion, l'attaque à son issue est de 0,2 p. 100 en A3 1977 et de 0,85 p. 100 en A3 1978.

3.5. — Dynamique de la population

La population larvaire et nymphale recensée dans les différents essais est exprimée en nombre moyen d'individus par arbre (Charmillot, 1977-1978 b) (tabl. 4 et 5).

TABLEAU 4

Dynamique des populations de carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) et attaques sur fruits dans les essais de lutte par confusion conduits en Suisse romande de 1976 à 1978

Années	Variables observées Moyennes de larves par arbre (1) p. 100 d'attaque	Vergers (2)			
		T1 sans aucune lutte	S1	S2	S3
1975	Larves diapausantes hivernantes .	50,1	avant 1 ^{er} essai 5,72		
	Larves issues des fruits		18		
	p. 100 attaque récolte (3)		2,26		
1976	Larves diapausantes hivernantes .	73,3		avant 1 ^{er} essai 120,20	avant 1 ^{er} essai 1,13
	Larves issues des fruits		11,60		
	p. 100 attaque récolte		23,70 3,15	> 60	2,65
1977	Larves diapausantes hivernantes .	46,2	3,95	25,10	1,50
	Larves issues des fruits		6,20	50,20	1,10
	p. 100 attaque récolte		1,18	13,30	0,76
1978	Larves diapausantes hivernantes .	31,3	0,20	3,60	
	Larves issues des fruits		0	7,0	
	p. 100 attaque récolte		0,07	1,93	

(1) Larves diapausantes moyenne de quarante bandes-pièges. Larves issues des fruits moyenne de dix arbres. Notation 5a de Baggiolini et Grob (1968). p. 100 attaque à la récolte sur dix arbres.

(2) Les caractéristiques des vergers sont données dans le tableau 1.

(3) Le 23 août le 1/3 ouest du verger a été traité au tétrachlorvinphos.

TABLEAU 5

Dynamique des populations de Carposapse (Laspeyresia pomonella L.) et attaques sur fruits dans les essais de lutte par confusion conduits en France de 1976 à 1978

Années	Variables observées ⁽¹⁾ Moyennes de larves (et nymphes) par arbre p. 100 attaque récolte	Vergers ⁽²⁾			
		B1 sans aucune lutte	A1	A3 (⁴)	D1 (⁵)
1975	Larves diapausantes hivernantes	118	avant 1 ^{er} essai		
	p. 100 attaque récolte	> 70	2,23 0,50		
1976	Première génération larves (dont nymphosées) ⁽³⁾	9,00 (8,95)	0,73 (0,70)		
	Deuxième génération larves (dont nymphosées)	92,25 (8,48)	0,63 (0,10)		
	Troisième génération larves	6,30	0,15	avant 1 ^{er} essai	
	Larves diapausantes hivernantes	107,55	0,70	1,50	
	p. 100 attaque récolte	> 70	0,50	0,32	
1977	Première génération larves (dont nymphosées) ⁽³⁾	14,20 (8,08)	2,33 (0,53)	0,85 (0,30)	0,74 (0,54)
	Deuxième génération larves	27,80	1,28	2,45	0,61
	Larves diapausantes hivernantes	42,00	3,08	3,00	0,79
	p. 100 attaque récolte	35	0,50	1,80	5,00
1978	Première génération larves (dont nymphosées) ⁽³⁾	13,53 (6,25)	4,43 (0,50)	6,25 (1,88)	
	Deuxième génération larves	62,25	12,78	6,23	
	Larve diapausantes hivernantes	75,78	16,70	12,48	
	p. 100 attaque récolte	> 50	5,80	4,75	

⁽¹⁾ Larves (et nymphes) = moyennes de quarante bandes-pièges — P. 100 attaque = sur quatre mille fruits examinés sur cinquante arbres.

⁽²⁾ Les caractéristiques des vergers sont données dans le tableau I.

⁽³⁾ Nymphes observées dans les bandes-pièges et les boîtes où sont placées les larves capturées.

⁽⁴⁾ Verger A3 lutte contre la première génération seulement en 1977-1978 — deux traitements au diflubenzuron sur la deuxième génération 1978.

⁽⁵⁾ Verger D1 : lutte contre la deuxième génération seulement — un traitement phosalone nécessaire le 25 août.

On peut ainsi voir au cours des générations successives l'évolution de la population dans un même verger sous l'effet de la lutte par confusion.

Mais les vergers comportant des nombres moyens d'individus par arbre similaires peuvent avoir des populations totales, ramenées à la même superficie de 1 ha, différentes en raison de la variation inter-verger dans la densité des arbres (tabl. 6).

TABLEAU 6

Nombres de larves diapausantes hivernantes de Carpopapse (Laspeyresia pomonella L.) ramenés à 1 ha dans les essais de lutte par confusion

Années	Vergers (1)							
	T1	S1	S2	S3	B1	A1	A3	D1
1975	6 680	1 643			39 648	613		
1976	9 773	3 331	45 676	547	36 137	192	855	
1977	6 160	1 134	9 538	726	14 112	846	1 710	565
1978	4 173	57	1 368		25 462	4 587	7 114	

(¹) Les caractéristiques des vergers sont données dans le tableau 1.

Les populations de larves et nymphes des vergers témoins sont représentatives de la dynamique au cours d'une même année. En l'absence de bandes-pièges, c'est seulement un nombre de cinq larves environ par arbre, qui peut trouver un refuge pour hiverner en France dans des vergers modernes de pommiers (Audemard, 1976).

En France un pourcentage d'efficacité est calculé pour chaque génération, en comparant la population du verger d'essai à celle d'un verger similaire de population initiale identique (Audemard *et al.*, 1977). En l'absence de cette information la comparaison est effectuée avec la population qui aurait probablement évolué sans lutte dans le même verger, calculée d'après les indices d'évolution des années antérieures (Audemard, 1976 ; Audemard *et al.*, 1977).

L'efficacité sur la population ainsi déterminée est la suivante (Audemard *et al.*, 1977 ; 1977-1978) :

Vergers A1 1976, 90, 96, 93 p. 100 au cours des trois générations successives.

Vergers A1 1977, 48 et 70 p. 100 pour les deux générations.

Vergers A3 1977, 90 p. 100 pour la première génération.

Le même calcul effectué en 1978 indique une efficacité de 30 p. 100 au mieux sur le verger A1 première génération et une efficacité nulle pour la seconde et pour le verger A3 première génération.

4. — Discussion

4.1. — Diffusion de la phéromone

La mesure des quantités de phéromone diffusée est effectuée par pesées successives. Pour que ces pesées fournissent une bonne représentation de la diffusion il faut que les conditions suivantes soient remplies :

- a) la substance utilisée doit être d'une pureté suffisante en isomère E-8, E-10 DDol. La proportion de cet isomère dans les synthèses dont nous avons disposées a été de 95 p. 100 environ en 1976 et de 99 p. 100 en 1977 et 1978 ;
- b) la phéromone de synthèse ne doit pas être hydrophile, ce qui n'est pas le cas ;
- c) la phéromone de synthèse, sous forme de cristaux dans le tube de caoutchouc, doit passer à l'état de vapeur et diffuser sans laisser de résidus organiques notables ;
- d) la phéromone de synthèse ne doit pas se transformer en un autre composé qui resterait à l'état solide ou pire encore qui diffuserait.

En ce qui concerne ces deux derniers points selon Descoins (communication personnelle) le E-8, E-10 DDol s'oxyde et se transforme en époxyde, mais les substances antioxydantes contenues dans le caoutchouc du tube et celle ajoutée en 1978 freinent considérablement cette réaction.

Lorsque le diffuseur reste plusieurs mois dans le verger, la substance restante dans le tube contient très peu de E-8, E-10 DDol, en 1978, l'analyse de la substance restant dans une série de diffuseur après 95 jours a montré que pour 9 g de E-8, E-10 DDol au départ il restait 6 g de substance organique parmi laquelle seulement 100 mg de E-8, E-10 DDol pur (analyse effectuée par la Société Rhône-Poulenc). Les quantités de phéromone émises, déterminées par les pesées successives doivent donc être examinées avec prudence. Pour l'avenir il sera bon de compléter les pesées par une analyse des quantités de E-8, E-10 DDol restantes dans les diffuseurs.

D'après des essais effectués au Laboratoire et à l'air libre (Beauvais, données non publiées ; Charmillot, données non publiées) la diffusion de la phéromone à travers le caoutchouc du tube augmente avec la température et avec la vitesse de l'air ambiant. Par ailleurs l'humidité sous forme d'un film couvrant le caoutchouc bloque la diffusion.

Il y a donc irrégularité de l'émission dans le temps et on ignore l'étendue de la variation dans les moyennes de phéromone diffusées (en mg/ha/h) mentionnées dans le tableau 2. Les valeurs extrêmes, qui se réfèrent en fait à une période donnée ne sont évidemment pas les valeurs limites atteintes durant ces périodes. De plus, des arrêts d'émission ont pu intervenir. On peut supposer que la présence de la phéromone n'est nécessaire que durant les heures d'activité sexuelle des adultes, l'émission continue de phéromone se traduit par une perte de substance.

Il importe de ne jamais descendre au-dessous de la dose minimum de phéromone nécessaire pour assurer une confusion suffisante. Pour parvenir à cet objectif on devra gaspiller une quantité non négligeable de phéromone. Cela, ajouté aux incertitudes sur les quantités restantes dans les diffuseurs au bout d'un certain temps, conduira à ne pas utiliser pleinement les quantités initialement déposées et à ajouter des quantités de phéromone supplémentaires.

Les quantités ayant diffusé (tabl. 2) varient en relation avec la protection du diffuseur et avec les conditions climatiques. Le diffuseur libre procure une émission plus complète et plus rapide de la phéromone (70 p. 100 environ ayant diffusé pour S1 1976), sauf s'il y a blocage par les pluies fréquentes (A1 1977). Les gobelets protègent bien le diffuseur de la pluie mais limitent son échauffement et permettent une diffusion de l'ordre de 40 à 50 p. 100 ; exceptionnellement jusqu'à 62 p. 100 de phéromone ont diffusé en A1 1978.

En D1 1977 les diffuseurs, placés très hauts dans les arbres sur des pousses et en

période très chaude (juillet-août), ont diffusé très rapidement les 80 p. 100 de leur charge malgré la présence de la planchette.

Un nombre plus important de diffuseurs est disposé sur les bordures des vergers, pour combattre les effets des vents et des éventuelles arrivées d'adultes de l'extérieur. Cela amène une irrégularité d'émission de la phéromone dans l'espace, ce qui ne facilite pas la bonne connaissance des quantités effectivement mises en œuvre.

Les quantités globales ayant diffusé par hectare sont nettement plus élevées en France qu'en Suisse romande (tabl. 2) en raison de la longueur de la période de vol et des conditions climatiques : températures plus chaudes, action du vent violent (mistral). Il découle aussi des facteurs précités une plus grande irrégularité dans la diffusion. D'une manière générale même si on arrive à diminuer le nombre de diffuseurs au sein des vergers, lequel est élevé dans nos essais, la protection des bordures nécessitera toujours un grand nombre de diffuseurs.

Rappelons que notre but n'est pas, dans une première étape, de réaliser un diffuseur susceptible d'être utilisé par les arboriculteurs, mais plutôt de connaître l'effet de la diffusion de la phéromone sexuelle de synthèse sur la population de Carpopapse des vergers. Il est aussi d'établir les contraintes à respecter pour lutter efficacement et sûrement par la méthode de confusion.

Trois autres procédés destinés à assurer la diffusion de la phéromone sexuelle de synthèse du Carpopapse ont été à notre connaissance expérimentés dans le monde (Mani *et al.*, 1977-1978 ; Carde *et al.*, 1977) :

a) la pulvérisation sur les arbres par un appareil de traitement classique, du produit formulé sous forme de poudre mouillable. Cette technique n'a donné aucun résultat intéressant (Wildbolz, communication personnelle) ;

b) l'épandage sur les arbres sous forme de pulvérisation par hélicoptère du produit formulé en micro-capsules (marque N.C.R.) ;

c) l'épandage sur les arbres à partir d'un hélicoptère et avec un appareil spécial de micro-fibres creuses (marque Conrel)¹ chargées de phéromone. Dans certains essais cependant les fibres étaient collées sur des rubans de carton et placées dans les arbres (Carde *et al.*, 1977).

Des essais de diffusion mettant en comparaison trois formulations : diffuseur caoutchouc, micro-capsules, micro-fibres ont été réalisés par Mani *et al.* (1977-1978) par la méthode des lâchers-captures d'adultes mâles de Carpopapse. Les pièges étaient appâtés avec la même phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol. Le diffuseur caoutchouc et les micro-fibres ont donné une excellente inhibition des captures, lesquelles ont été très faibles, durant 6 semaines. Les micro-capsules n'ont donné le même résultat que la première semaine.

Moffitt (1977-1978) a obtenu avec les micro-capsules et une émission de 44 mg/ha/h 95 p.100 d'inhibition des captures durant 7 jours et seulement 64 p. 100 le 8^e jour, dans les pièges appâtés avec la phéromone sexuelle de synthèse. Le même auteur a aussi conduit des essais avec les micro-fibres. Le taux d'émission de 12,9 mg/ha/h a donné en 1976, 26 jours après le traitement, une réduction de 97,6 p. 100 de la réponse des mâles aux pièges appâtés avec des femelles vierges. Avec ce taux d'émission de phéromone une protection des fruits, équivalente à celle procurée par la lutte chimique, a été obtenue en verger de poiriers par trois traitements aux fibres creuses les 21 avril, 25 mai, 26 juillet 1977. Selon Moffitt (communication personnelle) : la fibre creuse

évite le gaspillage de la phéromone qui diffuse presque totalement et rend la diffusion régulière et peu sensible à la pluie.

La fécondation de femelles attachées a été empêchée par la diffusion de 2,5 mg/ha/h de phéromone par mille sept cents points d'émission, composés de dix fibres creuses, par hectare (Carde *et al.*, 1977). Dans cet essai la durée de l'émission a atteint dix semaines, quelques captures au piège à phéromone sexuelle de synthèse sont intervenus en août à la pointe du vol, alors que la substance avait presque totalement diffusé.

Nous espérons conclure des accords pour expérimenter ce procédé d'application, mais à partir d'appareils situés au sol.

4.2. — Efficacité sur les populations de *Carpocapse* et la protection des fruits

La mesure de l'effet de confusion, par l'inhibition des captures d'adultes mâles aux pièges sexuels n'est pas un procédé sûr. Nous n'avons jamais pris de mâles dans les pièges appâtés avec des femelles vierges. Par ailleurs, les captures dans les pièges à phéromone sexuelle de synthèse ont été dans l'ensemble faibles (tabl. 2). Dans ce dernier cas, même avec des captures presque nulles durant toute la saison on relève des attaques sur fruits (tabl. 2 et 5). Au contraire des captures de plusieurs dizaines d'individus par hectare peuvent être un indice d'une mauvaise rupture des communications entre les sexes, dans la mesure où cela entraîne en général des attaques plus fortes. Dans les essais conduits en France les captures sont relevées souvent durant les périodes où la diffusion moyenne par hectare et par heure est inférieure à 8 mg.

L'origine des femelles vierges utilisées dans les pièges, c'est-à-dire des élevages permanents de *Carpocapse* sur milieu artificiel, ne paraît pas être la cause de l'absence de capture : Moffitt (1977-1978) obtient des captures avec des femelles vierges issues de tels élevages et pour une émission de phéromone à un taux équivalent à celui de nos essais. Par ailleurs Charmillot (1977-1978a) a indiqué qu'une émission de seulement 1 mg/ha/h de phéromone inhibait déjà presque totalement les captures aux pièges à femelles vierges.

Les pièges sont accrochés dans les arbres à 1,60 m de hauteur environ et il est possible que la concentration de phéromone dont les vapeurs sont assez denses à ce niveau, repousse les adultes mâles troublés dans leur comportement vers la couronne des arbres située à 3-4 m de hauteur. Cela paraît confirmé par Mani *et al.* (1977-1978) qui ont montré que les captures aux pièges à phéromone étaient plus importantes dans les parties supérieures de l'arbre dans le témoin et dans les arbres portant des diffuseurs (caoutchouc, micro-fibres, micro-capsules). Un piégeage dans la couronne des arbres et une augmentation de la densité des pièges amélioreraient peut-être la qualité des résultats obtenus.

Si l'absence de capture dans les pièges sexuels met en évidence une rupture des communications entre les sexes, elle ne prouve pas que les mâles n'ont pas pu rencontrer et féconder les femelles. Des informations sur ce point peuvent être obtenues en cours de saison en attachant des femelles vierges dans des pièges Pherocon 1C non englués (de Zoëcon Corporation) et suspendus dans les arbres (Charmillot, données non publiées ; Carde *et al.*, 1977).

Dans sept essais sur douze (quatre en Suisse romande, tabl. 4 et trois en France, tabl. 5) les pourcentages de fruits attaqués par le Carpopapse à la récolte sont inférieurs au seuil de tolérance économique de 2 p. 100. Cela prouve que la lutte par confusion avec le phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol peut assurer la protection d'un verger contre les attaques de Carpopapse de la même manière que la lutte chimique dirigée. Cela est confirmé par l'essai de Moffitt (1977-1978) avec des fibres creuses que nous avons relaté (cf. 4.1).

La lutte contre une seule génération (Verger A3, 1977) a aussi permis de parvenir à ce résultat. La population larvaire diapausante hivernante a certes augmenté puisque la deuxième génération n'est pas combattue, mais la même observation peut être faite dans le cas d'une lutte chimique limitée à la première génération. Dans le verger D1 1977, où la lutte vise seulement la deuxième génération, c'est lorsque le taux de diffusion est devenu nettement insuffisant, pour les raisons déjà exposées (cf. 3.1) que les attaques sont intervenues.

La diminution notable de la population larvaire diapausante hivernante est une indication sûre de l'efficacité de la lutte. En Suisse romande cette population a baissé dans trois des quatre vergers où la protection des fruits a été satisfaisante. Elle s'est à peu près maintenue à son niveau initial dans le verger S3 1977, dans lequel l'émission moyenne de phéromone n'a été que de 3,7 mg/ha/h. Ce taux est faible par rapport à celui des autres essais (tabl. 2 et 4). Deux facteurs sont probablement à l'origine de l'assez bonne efficacité de cet essai malgré ce taux de diffusion plus faible :

a) la population par hectare beaucoup moins importante que celle des autres vergers (tabl. 6) ;

b) la protection accrue des bordures par la ceinture de diffuseurs (Charmillot, 1977-1978b).

La baisse de la population dans les vergers S1 et S2 durant deux années successives, 1977 et 1978, est remarquable. Dans le verger S2 on passe même de 120 larves à 1,9 larves par arbre ; l'effet de confusion a donc été puissant. Les taux de phéromone diffusée qui ont permis de parvenir à ce résultat sont de l'ordre de 6-7 mg/ha/h en moyenne. Cette valeur est plus faible que celle indiquée par Moffitt (1977-1978) qui est de 12,9 mg, mais il est vrai que, dans le cas de la Suisse romande, le renforcement de la diffusion sur les bordures doit jouer un rôle important.

En France, pour apprécier pleinement les effets sur la population, il faut tenir compte de sa structure et examiner les résultats génération par génération. Dans le verger A1 l'effet de la lutte a été plus marqué sur la deuxième génération en 1976 et 1977 avec une efficacité égale ou supérieure à 90 p. 100 (cf. 3.5) (tabl. 5). Les conditions climatiques durant cette période d'été sont toujours favorables à une bonne diffusion de la phéromone. Lorsque l'action de confusion sur la première génération n'est pas bonne il subsiste en A1 et A3 une population de larves diapausantes hivernantes de première génération dont la proportion par rapport à la population totale est nettement plus importante que celle du verger témoin B1. Cela se répercute défavorablement en augmentant la population hivernante globale. Ce changement dans le taux de larves de première génération diapausante provient des perturbations apportées dans le cycle par la confusion : les larves évoluent alors dans des périodes où la photopériode est plus critique vis-à-vis de la diapause (Audemard, 1976).

Les taux de phéromone diffusés nécessaires pour obtenir en France un effet suf-

fisant de confusion sur les populations sont de l'ordre de 20 mg/ha/h (tabl. 2 et 5). Cette valeur est sensiblement plus élevée que celle indiquée pour la Suisse romande. Nous avons déjà évoqué certains des facteurs en cause d'ordre climatique (cf. 4.1). Il faut y ajouter les possibilités accrues de multiplication du Carpocapse à Avignon ainsi que le montrent les observations effectuées dans les vergers témoins T1 et B1 (tabl. 4, 5, 6).

Les très mauvais résultats des essais A1 1978 et A3 1978 pourraient être attribués, en première génération, à l'insuffisance de la diffusion durant de longues périodes. Cette insuffisance paraît liée aux pluies fréquentes, aux basses températures et à la couverture du diffuseur par un gobelet qui a freiné excessivement la diffusion.

Malgré une diffusion à un taux apparemment suffisant (15-30 mg/ha/h) la lutte contre la deuxième génération du Carpocapse dans le verger A1 1978 a été totalement inefficace sur la population. La qualité de la substance utilisée ne peut pas être mise en cause puisque la même fabrication a donné d'excellents résultats en Suisse. L'effet d'arrivées d'adultes provenant d'autres vergers ne paraît pas non plus très vraisemblable : les pièges n'ont capturé aucun papillon. L'irrégularité de la diffusion dans l'espace, aggravée par le vent a pu entraîner une insuffisance de protection certains jours car certaines zones se sont révélées nettement plus attaquées. L'hypothèse qui doit être aussi envisagée est celle d'une « résistance » considérée comme pouvant intervenir au bout d'une durée indéterminée d'application continue de la lutte par confusion (Audemard *et al.*, 1977). La sélection opérée par la lutte aurait pu conduire les mâles à changer leur comportement et à répondre préférentiellement à d'autres substances émises par la femelle. Le délai de 3 années de lutte par confusion, qui a couvert sept générations successives peut paraître court mais : les facultés d'adaptation du Carpocapse sont considérables (Audemard, 1976), le changement de comportement constitue la « première barrière » de défense des animaux soumis aux agressions du milieu. Nous nous proposons de vérifier cette hypothèse. La stratégie d'application discontinue et la combinaison avec d'autres méthodes de lutte au sein d'une lutte intégrée peuvent fournir la parade à cette difficulté.

5. — Conclusions

Les trois années d'essais de lutte par confusion des mâles de Carpocapse par la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol, conduits en Suisse romande et en France dans la basse vallée du Rhône, ont démontré l'efficacité de cette méthode.

Dans sept essais sur douze une protection des vergers de pommiers, exploités pour la plupart à des fins commerciales, équivalente à celle procurée par la lutte chimique dirigée a été assurée.

Ce résultat a été obtenu avec un taux moyen de diffusion de la phéromone de l'ordre de 6-7 mg/ha/h en Suisse romande et de l'ordre de 20 mg/ha/h en France. Ces chiffres sont à considérer avec prudence en raison des insuffisances de la mesure de la diffusion par pesée des diffuseurs et de la variation de l'émission de phéromone dans le temps et dans l'espace.

Le diffuseur, que nous avons fabriqué nous-mêmes, n'est pas assez fiable et il faudra recourir, pour parvenir à une lutte pratique et sûre, à d'autres matériels réalisés par des industriels.

La diffusion de quantités trop faibles de phéromone, ajoutée à une irrégularité de l'émission dans l'espace, est à l'origine des insuffisances de protection observées dans certains essais.

La possibilité d'une adaptation de la population conduisant à l'apparition d'une « résistance » sera vérifiée dans les essais ultérieurs.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Remerciements

Nous remercions vivement le Dr C. Descoins qui a assuré la fabrication de la phéromone sexuelle de synthèse nécessaire à nos essais. Nous adressons nos remerciements à la Société Rhône Poulenc qui a effectué une partie des synthèses et le dosage de la phéromone.

Nous exprimons notre gratitude aux arboriculteurs qui ont bien voulu mettre à notre disposition leurs vergers :

MM. J. P. Manguin, J. Bernard, R. Mestre en France.

MM. J. Perrot, J. C. Christinet en Suisse.

Summary

Three years field trials to control codling moth (Laspeyresia pomonella L.) by communication disruption with a synthetic sex attractant

The communication disruption technique by air permeation with synthetic sex attractant (E-8, E-10 DDol) was tested for three years with similar methodology in commercial apple orchards in Western Switzerland and France. Tubular rubber dispensers containing the attractant were suspended in the trees as follows : one dispenser per tree on the border and one for one to five trees inside the orchard. A fence of dispensers could be placed all around the orchard to insure a good protection of the borders. The mean diffusion rate in the orchards, determined by regular weighing of the dispensers, ranged from 3,7 to 106,2 mg/ha/h. No moths were captured in the traps baited with virgin females, whereas with caps containing 1 mg of synthetic attractant, the inhibition of catches was perceptibly better in France than in Switzerland. The rate of damaged fruit varied according to : the orchards, the original Codling Moth population, the amount of fruit per tree and the conditions of diffusion. In a few cases, a chemical control was necessary towards the end of the season to keep the damage below the tolerance threshold. The effectiveness of the communication disruption was mainly evaluated by the evolution of larval and pupal populations caught in corrugated bands. For 7 trials out of 12, the orchards protection was equivalent to the one obtained by chemical supervised control.

Références bibliographiques

- AUDEMARD H., 1973a. L'estimation des populations de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par le contrôle visuel des pénétrations larvaires. *Phytopath. Phytopharm.*, **22**, 163-176.
- AUDEMARD H., 1973b. L'aménagement de la lutte chimique contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers : un premier pas dans la lutte intégrée. *Def. Veg.*, **160**, 99-113.
- AUDEMARD H., 1976. Etude démoécologique du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers de la basse vallée du Rhône. Possibilités d'organisation d'une lutte intégrée. *Thèse Doc. Ing. Univ. F. Rabelais, Tours*, 5 oct. 1976, 365 p.
- AUDEMARD H., CAUSSE R., FERON M., 1976. Lutte intégrée en verger de pommiers. Orientations nouvelles dans la lutte contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en 1974-1975. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **62**, 228-235.
- AUDEMARD H., BEAUVAIS Françoise, DESCOINS C., 1977. La lutte contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse par la méthode de confusion des mâles : premier essai en verger commercial de pommiers. *Rev. Zool. agric.*, **76**, 15-24.

- AUDEMARD H., BEAUVAIS Françoise, DESCOINS C., 1977-1978. Mâle confusion method for controlling codling moth : trials effected in 1976 and 1977 with synthetic sex pheromone in commercial apple orchard. *Comm. Joint. FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting*, « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the codling moth », Heidelberg 7-10 nov. 1977 (summary in *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 44-46, 1978).
- BAGGIOLINI M., GROB H., 1968. Observations sur les caractéristiques des dégâts « stoppés » et « cicatrisés » dus au Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) et méthode d'interprétation des différentes formes de dégâts observés sur pommes. *Rech. Agron. Suisse*, **7**, 187-196.
- CARDE R. T., BACKER T. C., CASTROVILLO P. J., 1977. Disruption of sexual communication in *Laspeyresia pomonella* L. (Codling moth), *Grapholitha molesta* (Oriental fruit moth) and *G. prunivora* (Lesser apple worm) with hollow fiber attractant sources. *Entomol. exp. appl.*, **22**, 280-288.
- CHARMILLOT P. J., BAGGIOLINI M., MURBARCH R., ARN H., 1971. Comparaison de différents pièges à attractif synthétique pour le contrôle du vol du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). *Rech. Agron. Suisse*, **14** (1), 57-69.
- CHARMILLOT P. J., BAGGIOLINI M., FIAUX G., 1975. Les phéromones en lutte intégrée, cas du Carpocapse. *C. R. 5^e Symp. Lutte intégrée en vergers OILB/SROP* : 303-313.
- CHARMILLOT P. J., BAGGIOLINI M., 1975. Essai de lutte contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par capture intensive des mâles à l'aide d'attractifs sexuels synthétiques. *Rech. Agron. Suisse*, **14** (1), 71-77.
- CHARMILLOT P. J., FIAUX G., BAGGIOLINI M., 1976. Possibilité de limitation des populations de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans le Bassin lémanique par une lutte précoce contre la première génération. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **8**, 61-68.
- CHARMILLOT P. J., 1977-1978a. Reduction of Codling moth catches (*Laspeyresia pomonella* L.) by inhibition of males by diffusion of synthetic sex attractant in an orchard. *Comm. Joint. FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting* « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth ». Heidelberg, 7-10 nov. 1977 (Summary : in *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 47, 1978).
- CHARMILLOT P. J., 1977-1978b. Codling moth control by disorientation method : two years results. *Comm. Joint FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting*. « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth », Heidelberg, 7-10 nov. 1977 (Summary in : *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 48-49, 1978).
- COUTIN R., Cité par MILAIRE H. G., 1976. Emploi de phéromones sexuelles de synthèse pour le piégeage dans la lutte intégrée en vergers. *Def. Veg.*, **177**, 6-22.
- MADSEN H. F., VAKENTI J. M., PETERS F. E., 1976. Codling moth : Suppression by male removal with sex pheromone traps in an isolated apple orchard. *J. econ. Entomol.*, **69**, 597-599.
- MANI E., ARN H., WILDBOLZ Th., 1977-1978. Inhibition of moth catch by evaporating the pheromone of the Codling moth. *Comm. Joint. FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting* « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth », Heidelberg, 7-10 nov. 1977 (Summary in : *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 50-53, 1978).
- MOFFITT H. R., 1973. Population suppression by removal through mass-trapping. *Comm. 4^e Réunion Groupe de travail OILB/SROP sur la lutte génétique contre le Carpocapse et Adoxophyes*, Wadenswil, 26-29 nov. 1973.
- MOFFITT H. R., 1977-1978. Control of the Codling moth through mating disruption with the sex pheromone. *Comm. Joint. FAO/IAEA and IOBC/WPRS Research Coordination Meeting*. « The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the Codling moth » Heidelberg, 7-10 nov. 1977 (Summary in : *Mitt. Biolog. Bundes.*, **180**, 42-43, 1978).
- MOFFITT H. R., HATHAWAY D. L., in Anonyme, 1974. Pheromone for Codling moths. *Agric. res.*, **22** (11), 15.
- PROVERBS M. D., LOGAN D. M., NEWTON J. M., 1975. A study to suppress Codling moth with sex pheromone traps. *Can. Entomol.*, **107** (12), 1265-1269.
- ROELOFS W. L., COMEAU A., HILL A., MILICEVIC G., 1971. Sex attractant of the Codling moth : Characterization with electroantennogram technique. *Science*, **174**, 297-299.
- SAMAIN D., DESCOINS C., COMMERCON R., 1977. A short stereoselective synthesis of 8-E, 10-E Dodecadien 1-ol ; the sex pheromone of the Codling moth. *Synthesis*, **5**, 388-389.
- WILDBOLZ Th., ARN H., MANI E., 1973. Un essai de piégeage massif du Carpocapse. *Comm. 4^e Réunion Groupe de Travail Carpocapse et Adoxophyes, OILB/SROP*, Wadenswil, 26-29 nov. 1973.
- WRIGHT R. H., 1963. Chemical control of chosen insects. *New Scientist*, **368**, 598-600.

Essais de « confusion sexuelle » contre les Tordeuses de la grappe l'*Eudemis Lobesia botrana* Den. et Schiff. et la *Cochylis Eupoecilia ambiguella* Tr.

R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR et Marie-Anne DE VATHAIRE

Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Bordeaux, I.N.R.A.,
33140 Villenave D'Ornon

Résumé

Deux expérimentations sur *Lobesia botrana* ont été effectuées en vignobles par saturation de l'air avec les phéromones de synthèse E-7 et Z-9 DDA. Elles ont permis de constater que 84 à 99 p. 100 des mâles étaient capturés par les pièges sexuels, mais que le nombre des femelles fécondées et des larves n'était pas diminué au cours de la 1^{re} génération (avril-mai) et baissait seulement d'un tiers au cours de la seconde (juillet). La réduction la plus importante a lieu dans les vignobles isolés. L'extension de la surface saturée par les vents a aussi été examinée.

Nous avons montré que dans les petites parcelles, les mâles de *L. botrana*, en atmosphère saturée, volent autour des diffuseurs de phéromones et que l'acetoxy-1-dodecène 7 (E) yne-9 n'a pas d'effet inhibiteur de comportement. La phéromone de *E. ambiguella* (Z-9 DDA) n'inhibe pas *L. botrana*.

Au début du printemps, les possibilités d'accouplement et la longévité de *L. botrana* ont été étudiées dans des conditions de température basse, ce qui réduit l'évaporation de la phéromone. L'accouplement est possible lorsque la saturation de l'air est basse.

Dans les expériences de laboratoire, E-7, Z-9 DDA a un effet inhibiteur de l'accouplement chez *L. botrana*, mais les concentrations effectives sont plus élevées que celles réalisées en vignoble.

L'utilisation de la méthode de la « confusion sexuelle » dans la lutte contre les vers de la grappe est examinée en tenant compte des hautes densités de population, l'effet à courte distance de la phéromone et le comportement des papillons.

La protection du vignoble contre les insectes nuisibles, à l'exception des vignobles dans lesquels la population de Cicadelles est très élevée ou susceptible de transmettre des mycoplasmes, repose sur la limitation de la pullulation des Tordeuses de la grappe au-dessous d'un seuil de nuisibilité. Ces insectes sont de plus responsables de la propagation de la pourriture grise *Botrytis cinerea*. Le recours à une méthode ne faisant pas appel aux insecticides permettrait donc d'éviter complètement leur emploi en végétation dans la majeure partie des cas. D'où l'intérêt d'expérimenter l'action des phéromones à forte dose pour entraver les communications chimiques entre les femelles et les mâles et diminuer ainsi la reproduction (méthode de confusion sexuelle).

A. — Expérimentation en grandes parcelles

Par son principe même (action sur les communications chimiques à distance), cette méthode impose l'expérimentation sur de grandes parcelles, surtout si l'on désire

juger non seulement de la réalité de l'inhibition, mais aussi de ses conséquences sur la multiplication des insectes. Il était donc nécessaire d'effectuer des expérimentations à l'échelle agricole, réservant des essais plus limités à l'étude de points particuliers.

Nous avons donc réalisé deux essais, en 1976, au Château Suduiraut dans le Sauvignonnais et en 1977, au Château Baret dans les Graves ⁽¹⁾ contre *Lobesia botrana*, ravageur prépondérant dans ces vignobles, en utilisant la phéromone de synthèse : l'acetox-1-dodecadiène-7 (E), 9 (Z), désignée dans le texte par l'abréviation E-7, Z-9 DDA ⁽²⁾. (Descoins et coll., 1974).

Ces expérimentations étant décrites dans des publications antérieures (Roehrich, et coll., 1977a, 1978), nous exposerons rapidement les caractéristiques des dispositifs expérimentaux, avant d'en tirer les enseignements.

1. — Dispositifs expérimentaux

La mise en place des dispositifs expérimentaux est résumée dans le tableau 1.

TABLEAU 1
Caractéristiques des essais en vignobles

Lieu	Château Suduiraut		Recherche Bordeaux isolé par 100 m de terre cultivée	Château Baret	
Situation	contigu aux autres vignobles			isolé par un bois de 300 m	
Année	1976	1976	1976	1977	1977
Génération	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	1 ^{re}	2 ^e
Date	8 avril-31 mai	21 juin-16 juill.	2 août-11 sept.	31 mars-23 mai	1 ^{er} juill.-25 juill.
Surface de l'essai	0,5 ha	1,7 ha	1,2 ha	3 ha	3 ha
Dose installée g/ha	23	21	21	46	43
Charge par diffuseur (mg)	100	104	102	347	143
Nombre diffuseurs/ha	230	202	209	134	300
Distance entre diffuseurs	9 m	9 m	9 m	8,5 m	8,5 m
Rangs équipés de diffuseurs....	1 sur 5	1 sur 5	1 sur 5	1 sur 7	1 sur 3
Diffusion mg/ha/h	6	15	10	5	16

Le château Suduiraut est entouré d'autres vignobles de tous côtés (fig. 1) et de plus, la parcelle expérimentale y a été découpée arbitrairement. Au Château Baret, nous avons choisi une parcelle séparée des autres par un bois de 300 m, les témoins étant situés de l'autre côté (fig. 2). L'essai effectué au Centre de Recherches agronomique de Bordeaux comportait deux parcelles séparées par une zone non cultivée de 100 m. Comme il s'agissait de collections viticoles, l'hétérogénéité des cépages n'a pas permis d'exploiter cette expérimentation jusqu'à l'évaluation des attaques.

⁽¹⁾ Nous remercions les propriétaires de ces vignobles, MM. Fonquernie et Ballande et les régisseurs, MM. Merlet et Real qui ont facilité grandement notre travail en acceptant cette expérimentation.

⁽²⁾ Nous remercions M. Descoins, Directeur du Laboratoire des médiateurs chimiques de l'I.N.R.A. et Mme Martine Lettère qui a effectué la synthèse de cette substance.

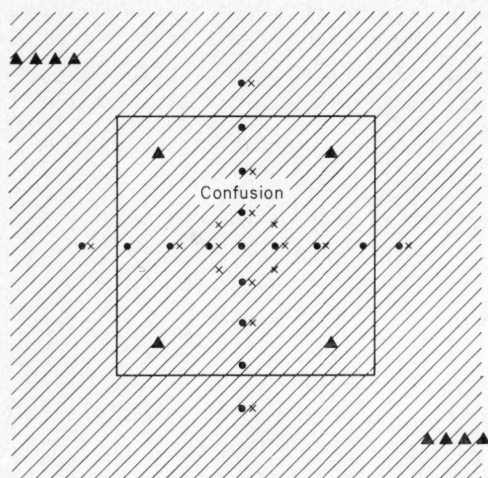


FIG. 1. — Expérimentation de 1976 en deuxième génération au Château Suduiraut.

- ▨ vigne
- x élevage
- ▲ P. sexuel
- P. alimentaire

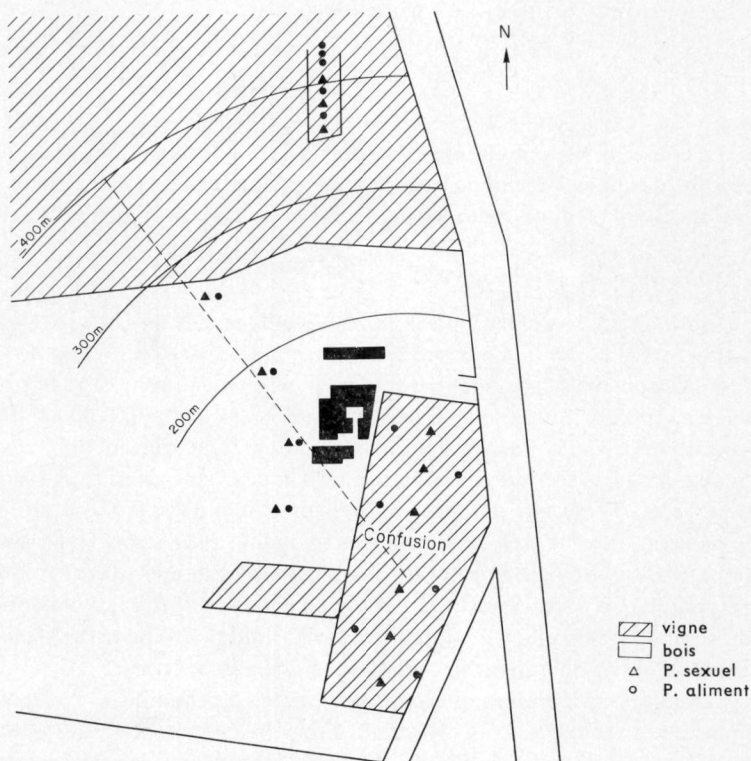


FIG. 2. — Expérimentation de 1977 en deuxième génération au Château Baret.

Une autre différence a consisté dans la quantité de phéromone installée, deux fois plus élevée en 1977, différence obtenue en mettant une plus grande quantité de phéromone dans les diffuseurs (bouchons de tube à allergie en caoutchouc, sauf pour la première génération de 1976 où il s'agissait de tubes en matière plastique).

Les contrôles des résultats ont été réalisés grâce à :

1) des pièges sexuels type I.N.R.A. appâtés, les uns avec la phéromone E-7, Z-9 DDA à 100 μ g, d'autres avec l'isomère E-7, E-9 DDA et d'autres enfin avec cinq femelles non fécondées ;

2) des pièges alimentaires remplis de jus de fruits dilués. Les femelles capturées étaient disséquées pour rechercher la présence éventuelle de spermatophore dans leur spermathèque ;

3) des cages d'élevage (en 1976 seulement) consistant en des sacs de toile attachés autour d'un bourgeon ou d'une feuille et renfermant chacun un couple. A chaque relevé, les femelles étaient également disséquées ;

Ces trois relevés étaient effectués toutes les semaines en première génération de 1976, deux fois par semaine ensuite.

4) une évaluation des populations en fin d'expérience. Cette évaluation consistait en un dénombrement des dégâts : nombre de grappes attaquées ; nombre de points d'attaque (glomérules de fleurs en première génération, groupes de grains en deuxième génération) et nombre de grains attaqués. Nous avons observé sept cents à mille cinq cents grappes par traitement.

2. — Résultats

L'efficacité de la méthode doit naturellement être évaluée d'après le résultat final, mais les données intermédiaires peuvent permettre de mieux comprendre les modalités d'action et ainsi de mieux situer les causes éventuelles d'échec.

a. *Evaporation de la phéromone.*

Le tableau 1 montre que malgré les différences de charge installées, la quantité évaporée a été pour une même saison, du même ordre en 1976 et en 1977. Le pourcentage d'évaporation par rapport à la charge a varié entre ces deux années (0,6 p. 100 et 1,6 p. 100 par jour de la charge en 1976 ; 0,37 et 0,9 p. 100 en 1977 pour les deux générations). Cette variation peut s'expliquer soit par la différence de charge de chaque capsule, soit par l'action sur le diffuseur du solvant (chlorure de méthylène) employé en 1977, soit par des différences climatiques (1977 a été plus froid et plus pluvieux). La faible diffusion en première génération (trois fois plus lente qu'en deuxième génération) est en relation avec les basses températures fréquentes lors de ces périodes. Cette situation est susceptible de rendre difficile l'application de la confusion au printemps, difficulté déjà apparue à Rothschild (1975) pour *Grapholitha molesta* Busck, insecte ayant également une reprise d'activité précoce.

De plus, ces données obtenues par pesées d'échantillons compensées d'après des témoins non chargés, concernent la diffusion moyenne. Il n'est pas certain que ces valeurs soient atteintes à l'heure d'activité des insectes c'est-à-dire aux alentours du coucher du soleil.

b. Inhibition du piégeage sexuel.

Les pièges appâtés avec la phéromone E-7, Z-9 DDA ont toujours moins capturé en zone sous confusion (fig. 3). Ces réductions ont varié de 84 p. 100 à 99 p. 100, moins importante en première génération qu'en deuxième génération.

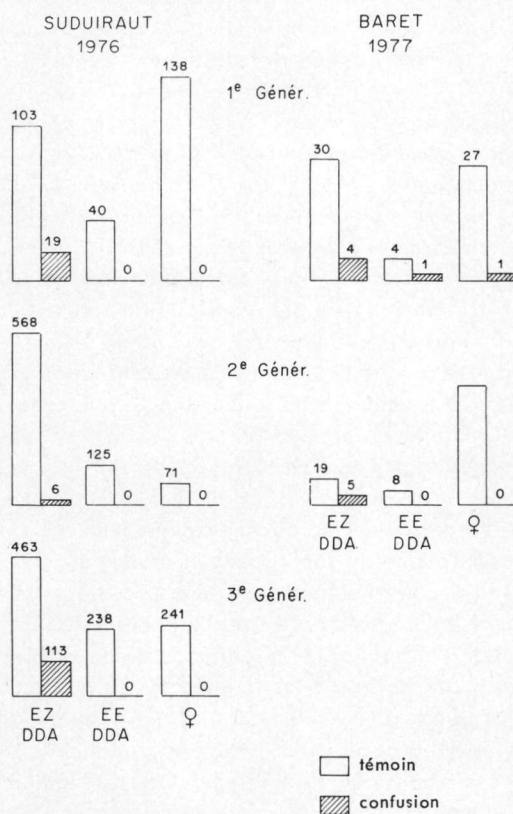


FIG. 3. — Captures des mâles de *L. botrana* au piège sexuel dans les parcelles « sous confusion » et dans les témoins.

Les pièges appâtés avec l'isomère E-7, E-9 DDA et ceux appâtés avec des femelles ont été encore plus perturbés, aucune capture n'y étant effectuée en 1976, et une seule-ment dans chacun d'eux en 1977.

Donc l'attraction par E-7, E-9 DDA est également inhibée et cela peut être impor- tant : s'il s'agit d'insectes génétiquement différents (Roehrich, 1977), leurs possibilités de rencontre seront également empêchées. Notons que pour d'autres insectes, un iso- mère de la substance attractive sexuelle a pu être utilisé avec succès pour inhiber le piégeage sexuel. Klun et coll. (1975) l'ont montré pour *Ostrinia nubilalis*, Stockel et Anglade (1977) pour *Pyrausta aurata*. D'autre part, il est intéressant de noter que les pièges appâtés au moyen de femelles n'ont capturé aucun mâle : elles ne disposent donc pas de moyens d'attraction à distance, non inhibé par l'excès de phéromone, pou-

vant compenser même partiellement l'impossibilité d'utiliser le système normal de communication au moyen de E-7, Z-9 DDA.

c. Présence de femelles fécondées dans les parcelles « sous confusion ».

Les pièges alimentaires ont capturé pendant l'ensemble des essais trois cent soixante-sept femelles et trois cent vingt-six mâles dans les zones témoins et trois cent vingt-sept femelles et deux cent quinze mâles dans les zones « sous confusion ». La dissection des femelles capturées indique dans plusieurs cas que presque toutes sont fécondées (91 à 98 p. 100) aussi bien en zone « sous confusion » que dans les témoins (1976 : première et deuxième génération) (1977 : première génération). Mais en deuxième génération apparaissent des différences : 59 p. 100 de femelles fécondées contre 70 p. 100 en 1976 (réduction de 16 p. 100) 59 p. 100 contre 85 p. 100 en 1977 (réduction de 31 p. 100). Seule la réduction observée en 1977 est significative au seuil de 10 p. 100.

C'est également au cours des deuxième générations que l'évaporation de la phéromone atteint 15 mg/ha/h et que l'inhibition du piégeage sexuel est la plus importante. La différence entre années peut provenir de l'isolement de la parcelle en 1977. Dans le bois en effet, une présence importante de l'Eudémis a bien été révélée en avril-mai par piégeage localisé autour des bâtiments d'exploitation (vingt-cinq papillons), mais en deuxième génération, chacun des quatre pièges n'a capturé en un mois que un ou deux papillons. Le passage venant des témoins a donc été très réduit ; il faut donc admettre que les accouplements sont restés possibles dans la parcelle « sous confusion », bien que réduits du tiers.

Les élevages dans le vignoble indiquent également que, pour des insectes maintenus proches, les accouplements sont possibles dans la zone « sous confusion ». Néanmoins, pendant la première génération, le pourcentage de femelles inséminées dans cette zone ne représente que 60 p. 100 de celui noté dans le témoin (trente-huit au lieu de soixante-trois) et à chaque relevé, la différence reste dans le même sens bien que variable (réduction de quinze à quatre-vingt). La réduction du nombre des femelles inséminées est significative à 2 p. 100 d'après le test de Kurskall-Wallis. Mais au début de la deuxième génération, on observe une tendance analogue, puis les résultats deviennent ensuite très hétérogènes. Il semble donc que la phéromone ait perturbé et non empêché le comportement d'accouplement et que ses effets diminuent lorsque l'activité générale des insectes augmente par suite de températures plus élevées : les rencontres au hasard deviendraient ainsi plus fréquentes, les insectes se déplaçant plus.

d. Importance des dégâts des chenilles de la génération suivante.

L'évaluation des dégâts a été effectuée en Sauternais par rapport aux vignobles environnants, des dénombrements ayant été effectués dans les quatre directions autour de la parcelle. En 1977, nous avons observé des grappes situées dans le vignoble situé de l'autre côté du bois, choisissant pour la deuxième génération des parcelles où l'infestation en première génération était égale à celle de la zone « sous confusion ».

Il n'y a pas eu de réduction des dégâts en première génération (63 p. 100 contre 67 p. 100 des grappes atteintes en 1975 par exemple). Rappelons qu'alors la diffusion était plus faible, l'inhibition du piégeage moindre, le volume de végétation très réduit et qu'il y a eu des déplacements de papillons provenant en particulier des locaux. En deuxième génération au contraire, le niveau des attaques a été diminué (tabl. 2).

TABLEAU 2

Dégâts en deuxième génération

	Zone « sous confusion »	Témoin	Réduction
1976 p. 100 grappes attaquées	22 p. 100	32 p. 100	31 p. 100
Nombre d'attaques	34 pour 100 grappes	50 pour 100 grappes	32 p. 100
Nombre de grains attaqués .	42 pour 100 grappes	74 pour 100 grappes	43 p. 100
1977 p. 100 grappes attaquées	15 p. 100	24 p. 100	38 p. 100

En 1977, la réduction a été légèrement plus importante qu'en 1976 malgré l'isolement. En 1976, le dénombrement des grains attaqués indique que les chenilles de la zone « sous confusion » sont en moyenne plus jeunes que les témoins lors du dénombrement. Il est donc probable que les pontes, donc les accouplements, ont dû être retardés par l'atmosphère chargée en phéromone, mais non empêchés, ce qui est à rapprocher des constatations des élevages en vignoble citées plus haut.

3. — Discussion

La protection du vignoble contre les Tordeuses de la grappe a été expérimentée sur d'autres espèces par Taschenberg et coll. 1974, 1976 et 1977 sur *Paralobesia viteana* Clem. et par Arn (communication personnelle) sur *Eupoecilia ambiguella*.

Taschenberg et coll. ont opéré dans de petits vignobles isolés. La phéromone Z-9 DDA était apportée soit par microcapsules, soit par fibres creuses fixées par bandes sur chaque pied de vigne, ou appliquées par pulvérisation après engluement. La protection était assurée avec les microcapsules par vingt traitements en cent trois jours, et par les fibres creuses en assurant 2 mg/ha/h de diffusion, les doses totales installées étant de 20-25 g/ha.

Les résultats ont été bons : l'inhibition du piégeage a été de 95 p. 100 avec les microcapsules, 99 p. 100 avec les bandes de fibres, 95 p. 100 avec les fibres engluées, et les attaques diminuées de 75 p. 100 par les fibres creuses et de 87 p. 100 par les microcapsules, mais à partir d'un niveau déjà très faible d'attaque dans les témoins (1,7 à 8,5 p. 100 des grappes). Arn a obtenu pour *Eupoecilia* des résultats voisins des nôtres : bonne inhibition du piégeage mais diminution insuffisante des accouplements et des dégâts. A quoi peut-être dûe cette contradiction entre les deux conséquences de la confusion ? On peut penser dans certains cas à un apport de l'extérieur, à la mobilité des populations d'insectes dans un vignoble continu, mais même en prenant la précaution d'isoler les parcelles, on observe encore de nombreuses femelles fécondées. Peut-être la couverture en phéromone a-t-elle été irrégulière, soit dans le temps (ralentissement de la diffusion du fait de la température, mouvements de l'air), soit dans l'espace, surtout par l'action des vents. Notons que les rangs de vigne forment à partir de juin des couloirs de végétation et que l'arrivée de phéromone dans ceux non munis de diffuseurs est probablement irrégulière. Dans ce cas, une installation de diffuseurs plus nombreux, à la limite distribués de façon continue comme dans l'essai de Taschenberg et coll., amènerait une amélioration. Il peut enfin s'agir du comportement des insectes :

leur population est assez dense ; on peut évaluer leur nombre à dix mille ou quinze mille couples par hectare en Sauternais d'après les points d'attaque de la génération précédente. De plus, leur répartition n'est pas homogène, ce qui est particulièrement visible lors de l'observation des premières pontes situées sur les ceps les plus précoces et les plus chargés en grappes, qui seraient donc plus attractifs. Dans ce cas, les papillons pourraient se concentrer à proximité les uns des autres sans qu'ils aient besoin de communications à distance par phéromone et les accouplements seraient possibles, du moins s'il n'y a pas d'action inhibitrice sur le comportement précopulatoire des doses de phéromones présentes dans le vignoble. Pour des densités du même ordre, Smith et coll. (1978) ont d'ailleurs calculé que pour *Pectinophora gossypiella*, les probabilités de rencontre au hasard suffisaient à assurer la rencontre des sexes et les accouplements dans les cultures, expliquant ainsi certains échecs survenus dans l'application de la confusion (Mc Laughlin et coll., 1972), malgré des résultats parfois satisfaisants (Shorey et coll., 1971).

Dans le cas de nos essais, deux éléments nous conduisent à penser qu'il en est peut-être également de même. Les couples confinés en cage dans les parcelles ont pu s'accoupler, même si au printemps on a pu observer une légère perturbation. D'autre part, les dégâts observés dans les parcelles « sous confusion » ont indiqué que les accouplements y ont été retardés : la rencontre au hasard aurait donc été possible, la perte de l'information à distance aboutissant seulement à allonger les délais. La situation se présenterait donc différemment selon les densités de populations. Cela expliquerait la réduction des pontes de *Lymantria dispar* obtenue par Schwalbe et coll., 1974, puisque la plus forte population utilisée n'atteignait pas cinq cents couples à l'hectare de forêt. Les résultats satisfaisants ont été obtenus également avec le *Carpocapse Laspeyresia pomonella* L. par Audemard et coll. (1977) et par Charmillot (1978). Mais dans les vergers de production, les populations de départ sont toujours maintenues à un très bas niveau, au-dessous de cinq cents couples/ha (Audemard, 1976).

B. — Expérimentation sur de petites parcelles

Il est impossible d'évaluer l'ensemble des actions des concentrations élevées de la phéromone dans de petites parcelles, mais il est possible d'effectuer un premier tri des substances utilisables en limitant les observations à l'inhibition du piégeage sexuel, tout en restant conscient de l'insuffisance de cette donnée. Cela a été réalisé en particulier par Rauscher et Arn (1978) sur *Eupoecilia ambiguella* qui l'ont complétée par la vérification des accouplements de femelles attachées à l'intérieur des parcelles.

1. — Comparaison de la phéromone et d'un composé acétylénique apparente

Des parcelles de 10×10 m en 1977 et 9×9 m en 1978 étaient réparties en blocs avec trois répétitions et les résultats analysés à l'aide du test de Kurskall-Wallis. Dans chaque parcelle était disposé un piège sexuel.

En 1977, nous avons comparé l'effet de la phéromone E-7, Z-9 DDA avec l'acetoxy-1-diodecène-7 (E) yne-9 qui en diffère par une triple liaison en 9. En effet, Klun et al. (1975) avaient montré que pour *Ostrinia nubilalis*, le composé acétylénique pouvait être utilisé comme inhibiteur. Les doses employées étaient élevées : 120 g installés à l'hec-

tare en diffuseurs chargés de 19-20 mg disposés sur chaque pied de vigne. Le contrôle était réalisé par des pièges appâtés avec E-7, Z-9 DDA. La diffusion de ce composé a été plus faible (23 mg/ha/h, au lieu de 45 pour les phéromones). Avec la phéromone, nous avons obtenu une réduction de piégeage de 90 p. 100 (cinquante-cinq mâles contre cinq cent cinquante-cinq), analogue à ce que nous notions dans les essais de grande surface. Le dérivé acétylénique au contraire a augmenté, mais pas de façon significative, les piégeages (sept cent huit au lieu de cinq cent cinquante-cinq). Il n'est donc pas utilisable pour la confusion, si du moins ce dispositif permet de conclure.

Nous avons observé au moment de l'activité crépusculaire des papillons que ceux-ci volaient en grand nombre autour des diffuseurs de E-7, Z-9 DDA, ce qui semble indiquer qu'il n'y a pas eu dans ce cas d'inhibition du comportement d'attraction, mais concurrence entre les diffuseurs chargés à 19 mg et le piège chargé à 1 mg. (Des études ultérieures ont montré que les doses élevées de phéromone : 1, 10 et 100 mg d'E-7, Z-9 DDA n'étaient pas significativement différentes dans l'attraction.) Cela d'une part met un doute à l'utilisation du piégeage sexuel pour juger d'une action de confusion, et d'autre part pourrait indiquer que ce que nous pensons être une inhibition de la réponse est peut-être simplement une concurrence, analogue à la concurrence entre pièges dans le cas de piégeage dense (Audemard).

Dans des circonstances très voisines (parcelle « sous confusion » de 20 × 20 m), Rauscher et Arn ont cependant montré, pour *E. ambiguella* que des femelles attachées dans cette parcelle ne sont pas repérées par les mâles.

2. — Confusion simultanée de l'*Eudemis* et de la *Cochylis*

En 1978, nous avons comparé sur une population mixte de *Lobesia botrana* et *Eupoecilia ambiguella*, l'action des constituants principaux des phéromones de chacun de ces deux insectes E-7, Z-9 DDA et l'acetoxy-1-dodecène-9 (Z), désigné sous l'abréviation Z-9 DDA avec 2,3 p. 100, E-9 DDA) du mélange des deux et un témoin. Les doses choisies ont été de 88 g à l'hectare au moyen de diffuseurs chargés à 10 mg pour chacune des phéromones additionnées d'un antioxydant et d'un protecteur contre les rayons ultra-violet. Le contrôle a été réalisé en utilisant un appât mixte renfermant 1 000 µg de E-7, Z-9 DDA, 1 000 µg de Z-9 DDA et 1 000 µg d'acétate de dodécanyl.

Les résultats sont donnés dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Résultats de la confusion simultanée contre *L. botrana* et *E. ambiguella*

Phéromone	Diffusion mg/ha/h	Captures des mâles				Réduction par rapport au témoin	
		<i>Lobesia</i>		<i>Eupoecilia</i>		<i>Lobesia</i>	<i>Eupoecilia</i>
		nombre	RJ	nombre	RJ		
0		73	442,5	52	205,5		
E-7, Z-9 DDA	27	21	296	86		71 p. 100	
Z-9 DDA	15	89	—		91,5	—	98 p. 100
E-7, Z-9 DDA + Z-9 DDA	49	27	296,5	0	81	63 p. 100	100 p. 100

Le test de Kurskall-Wallis indique que la réduction de captures d'*E. ambiguella* est hautement significative, mais pour *L. botrana*, elle l'est seulement au seuil de 10 p. 100.

Chacune des phéromones n'a d'action que sur sa propre espèce et le mélange des deux additionne les actions, mais sans synergie. On peut rapprocher la plus faible réduction observée pour l'Eudémis de la diffusion plus faible de E-7, Z-9 DDA par rapport à Z-9 DDA.

C. — Autres expérimentations en vignoble

Nous avons en plus effectué quelques expérimentations dans le but de déterminer la dérive de la zone « sous confusion » sous l'action du vent et de repérer les dates et conditions d'accouplement des papillons provenant de la génération hibernante, dans le but de fixer la date optimale de mise en place des diffuseurs.

1. — L'inhibition en dehors de la zone de diffusion

Cet essai a été effectué durant la troisième génération de l'Eudémis sur la parcelle de Sauternais utilisée en 1976 pour l'étude de la confusion pendant les deux premières générations. Le dispositif de contrôle a été modifié : nous y avons installé vingt-quatre pièges sur 4 ha, dont le demi-hectare situé au centre était équipé de diffuseurs. Les huit

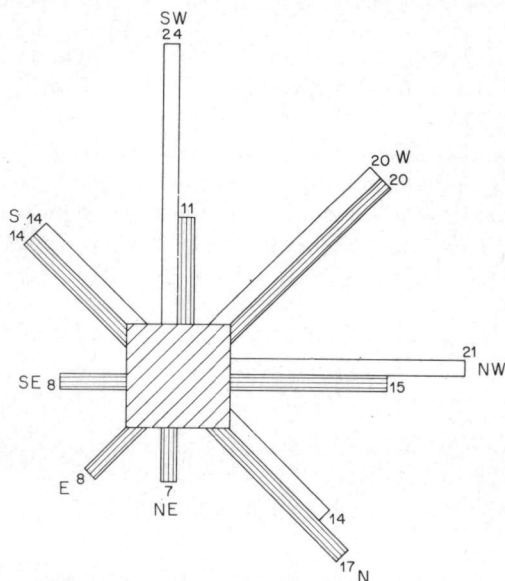
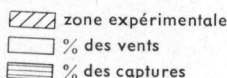


FIG. 4. — Action des vents sur la réduction des captures en dehors de la zone « sous confusion ». La répartition des vents en pourcentage de fréquence indique une prédominance des vents venant du secteur Ouest. Dans les situations opposées, on a capturé moins de mâles.



pièges situés à la limite des deux zones ont capturé six cent dix-sept mâles, ceux installés à 60 m ; trois mille trois cent quatre-vingt-trois, et ceux situés à 130 m ; cinq mille deux cent quarante. Mais cette décroissance de l'action inhibitrice n'est pas régulière (fig. 4). Le rôle du vent ⁽¹⁾ dans le déplacement de l'atmosphère chargée de phéromone apparaît nettement, les vents d'ouest et sud-ouest l'amenant vers le secteur où ils empêchent les captures. Tout l'ensemble étant entouré de vignobles non traités, la diminution des captures ne peut pas provenir de l'absence de papillons dans le secteur d'où vient le vent.

2. — Accouplements et pontes de la génération printanière de *Lobesia botrana* (Denis, 1978)

Nous avons installé à l'extérieur, dès le début d'avril, avant les premières captures dans la nature, des sacs en cellophane renfermant trois couples et avons dénombré le nombre des œufs fertiles chaque jour. La date de l'accouplement se situe alors entre le jour de l'installation et la date de la première ponte. Les papillons installés entre le 5 et le 14 avril ont pondu 6 à 10 jours après, les températures moyennes ayant varié de 7,9 à 9,6 °C pendant ce délai.

Le piégeage avec des pièges appâtés par des femelles est possible pendant cette période (Roehrich et coll., 1976), ce qui indique que l'émission de phéromone par les femelles et la réaction des mâles peut se produire alors et amener les insectes à proximité.

Pour déterminer plus précisément la possibilité d'accouplement, nous avons employé la technique des femelles attachées décrite par Rauscher et Arn (1978). Installées à partir du 26 avril, 9 jours après les premières captures, 50 p. 100 d'entre elles ont été inséminées.

Il est à noter que si des pontes ont été déposées dans le vignoble avant le 10 mai, il n'a pas été possible de les observer et, de toutes façons, les grappes n'étaient pas développées au moment des premières pontes en sacs de cellophane. On pourrait donc penser qu'il est inutile d'entraver les accouplements dès cette période. Mais la longévité des papillons est plus élevée pendant les périodes à température basse : 90 p. 100 des papillons installés dans la première quinzaine d'avril vivent 12 à 30 jours et seulement 6 à 16 jours pour ceux de la deuxième quinzaine de mai.

Ainsi les papillons fécondés dès le début de leur activité sont capables de pondre des œufs donnant naissance à une descendance et il est donc nécessaire pour la réussite de la confusion d'assurer la présence dans l'air de quantités suffisantes de phéromone dès les premières sorties printanières, alors que les basses températures limitent la diffusion mais n'empêchent pas l'activité sexuelle des insectes.

D. — Expérimentation en laboratoire sur l'action des phéromones à courte distance

Le rôle essentiel des phéromones sexuelles est de produire un déplacement orienté des mâles vers les femelles. Mais nous avons vu que les densités présentes dans le

⁽¹⁾ Nous remercions le service technique d'étude des facteurs climatiques de l'I.N.R.A. qui nous a conseillé pour la mesure du vent et fourni l'anémomètre.

vignoble permettent d'envisager la possibilité de rapprochements dûs au hasard ou à la recherche de situations privilégiées. Dans ce cas, est-ce que de fortes doses de phéromones peuvent encore intervenir sur la suite du comportement et entraver la multiplication ?

1. — Dispositifs expérimentaux

Nous avons effectué deux types d'essais sur *L. botrana*. D'abord des essais en atmosphère immobile, les papillons étant mis par couple dans des sacs de cellophane de 0,5 l où un bouchon de caoutchouc imprégné de phéromone se trouvait depuis le jour précédent (Roehrich et Carles, 1977). Ensuite, des essais en atmosphère renouvelée dans un dispositif que nous avons décrit comme « confusiomètre » (Carles *et al.*, 1979). Un courant d'air de vitesse connue passe sur des diffuseurs imprégnés de phéromone. On peut connaître la diffusion par pesée et ainsi calculer la teneur de l'air en phéromone. Ce courant d'air pénètre dans un cylindre de 4,5 l où se trouvent six couples.

Les femelles sont disséquées à la fin de l'essai.

2. — Résultats des expérimentations sur la phéromone de *L. botrana*

La figure 5 montre les résultats obtenus avec E-7, Z-9 DDA dans chacun des deux dispositifs, à la suite d'une exposition de 5 jours.

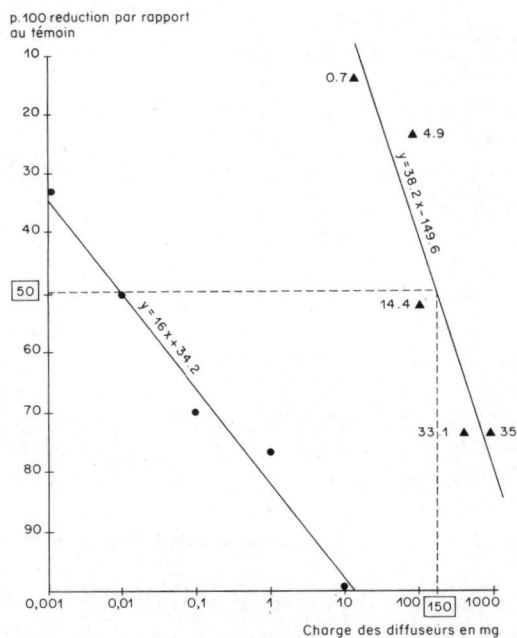


FIG. 5. — Pourcentage de réduction par la phéromone du nombre de femelles inséminées dans des sacs en cellophane (à gauche), et dans le confusiomètre (à droite). En abscisse : dose installée de phéromone ; en coordonnées logarithmiques.

Le confusiomètre permettant d'évaluer la teneur de l'air en phéromone, il est possible dans ce cas de tracer les relations entre ces teneurs et la réduction du nombre de femelles inséminées (fig. 6).

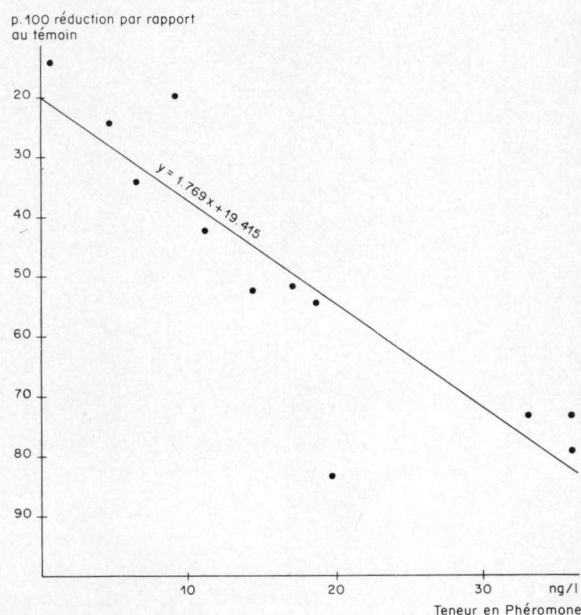


FIG. 6. — Pourcentage de réduction par la phéromone du nombre des femelles inséminées, en confusiomètre, en fonction de la teneur de l'air en phéromone.

Les corrélations sont dans tous les cas très importantes : 0,991 pour la corrélation avec les doses installées en sacs de cellophane ; 0,910 pour la corrélation avec les doses installées en confusiomètre et 0,988 avec la teneur de l'air en phéromone. Si l'exposition dure toute la vie de l'insecte et non 5 jours seulement, en sacs de cellophane, la réduction du nombre d'accouplements est nettement moins élevée pour les doses les plus faibles. La diminution du nombre de femelles inséminées n'est que de 28 p. 100 dans les sacs renfermant un diffuseur de 100 μg (au lieu de 70 p. 100 pour 5 jours) et de 71 p. 100 dans ceux renfermant un diffuseur de 1 000 μg (au lieu de 78 p. 100 pour 5 jours). Les doses les plus faibles amènent seulement un retard dans le comportement sexuel (première ponte en moyenne le 11^e jour au lieu du 8^e).

Des essais d'exposition des insectes à la phéromone avant de réunir les mâles et les femelles ont donné des résultats contradictoires. S'il y a une action, elle est peu importante : les papillons ayant subi de fortes concentrations de phéromone restent capables d'un comportement sexuel normal une fois retirés de ces conditions.

3. — Résultats des expérimentations avec d'autres substances

Nous avons expérimenté en sacs de cellophane l'isomère E-7, E-9 DDA et les substances voisines E-7 DDA et Z-9 DDA. Les résultats sont donnés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Diminution du nombre de femelles inséminées au bout de 5 jours
en présence de 100 µg de différentes substances

	Pourcentage de femelles inséminées	Témoin correspondant	Pourcentage de diminution
E-7, Z-9 DDA	26	88	70
E-7 DDA	66	72	8
Z-9 DDA	40	72	38
E-7, E-9 DDA	51	82	44
Acétate de dodecanyl	60	60	0
Acetoxy-1-dodecene-7 (E) yne-9	50	50	0

Il est à noter que, employés comme attractifs dans des pièges, ces substances ont par rapport à E-7, Z-9 DDA, une action plus faible (E-7, E-9 DDA) ou nulle (les autres) (Roehrich *et al.*, 1976), que E-7, E-9 DDA, Z-9 DDA et DDA agissent en olfactomètre, mais à des seuils d'action plus élevés (Lalanne, 1975). Il y a donc un certain parallélisme entre l'action attractive et l'action inhibitrice à faible distance.

Les perturbations obtenues avec d'autres substances que la phéromone ont été souvent observées par exemple par Mc Laughlin *et coll.*, 1976 sur les *Sesiidae*, par Wakamura *et coll.* (1974) sur *Cadra cautella* et par Kaae *et coll.* (1977) sur *Trichoplusia ni* et *Pectinophora gossypiella*.

4. — Confrontation des données obtenues en laboratoire avec la situation en vignoble

Une influence analogue de la phéromone utilisée dans des conditions semblables a été déjà notée pour plusieurs insectes. Nous pouvons citer par exemple les travaux de Sower *et Whitmer* (1977) sur *Plodia interpunctella* et de Charmillot *et coll.* (1976) sur le Carpocapse *Laspeyresia pomonella*. Mais ce n'est pas un cas général. Smith *et coll.* (1978) ont observé que *Pectinophora gossypiella* Saunders n'est pas perturbé par un séjour en atmosphère riche en phéromone, même lorsque la densité n'est que de un couple pour 10 l. *Lobesia botrana* fait donc partie des insectes pouvant être perturbé, même à courte distance, par l'excès de phéromone. Mais les conditions auxquelles nous l'avons soumises existent-elles dans un vignoble où est installé un dispositif de confusion ? Il est nécessaire, pour répondre à cette question, d'effectuer le calcul suivant :

Les doses installées nécessaires pour obtenir le même résultat sont beaucoup plus faibles en atmosphère non renouvelée (sacs cellophane) qu'en confusiomètre. Par exemple une inhibition de 50 p. 100 s'obtient dans un cas avec 10 µg, dans l'autre avec 100 000 µg, mais il est logique de penser que dans les deux cas la concentration de l'air est la même, soit de 14 ng/l. Cependant, la densité des insectes n'est pas la même (0,5 couple par litre en sac de cellophane, 1,30 en confusiomètre). En l'absence de déplacement d'air la phéromone pourrait donc s'accumuler. En supposant que la diffusion soit proportionnelle à la charge et de 1 p. 100 environ par jour, il s'évaporerait, à partir du diffuseur chargé à 10 µg : 100 ng par jour dans les sacs de 0,5 l. Pour atteindre une

concentration de 14 ng/l, soit 7 ng/500 ml, l'accumulation devrait se maintenir pendant $\frac{7 \times 24}{100}$ h, soit 1,68 h. Nous pouvons considérer cette durée comme une évaluation de la conservation de la phéromone dans l'air.

Reprenant maintenant les données de l'expérimentation en vignoble : nous avons vu qu'en deuxième génération, les diffuseurs libéraient 15 mg de phéromone par hectare et par heure. En faisant l'hypothèse qu'elle peut s'accumuler sans se détruire pendant 1,68 h, la quantité diffusée pendant ce délai sera de $1,5 \times 1,68 = 25$ mg/ha. En supposant qu'elle se répand dans le volume limité par la hauteur des vignes (1,2 m), la concentration sera de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou 2 ng/l.

Cette valeur est un maximum car en vignoble nous ne pouvons pas négliger les mouvements de l'air (convexion et vent). Elle est cependant encore sept fois inférieure à celle qui amènerait une réduction des accouplements de 50 p. 100. Si on extrapole à partir des concentrations dans l'air mesurées par Plimmer et coll. (1978) pour la disparlure en forêt, la disproportion est encore plus importante puisque aucun de leurs prélèvements n'a atteint 0,1 ng/l. Il est donc normal de penser que dans la zone « sous confusion », il n'y a pas eu d'inhibition du comportement sexuel à courte distance suffisante pour empêcher les accouplements. De plus, ce raisonnement s'applique à des séjours de 5 jours et nous avons vu que de faibles doses (bien que dix fois supérieures à celles prises comme exemple) n'amènent qu'un retard des accouplements. Nous pouvons donc penser que la différence notée lors des essais de laboratoire entre *L. botrana* et *P. gossypiella* ne joue pas dans les conditions de nos essais de confusion et qu'il faudrait des doses beaucoup plus élevées pour obtenir une perturbation du comportement à courte distance.

Conclusion

La réalité de l'inhibition de la réponse du mâle par des doses élevées de phéromone a été démontrée pour plusieurs insectes par l'électro-antennographie et l'olfactométrie. Nous n'avons pas repris ces expérimentations et la réduction très importante des captures au piège sexuel en vignoble indique que les relations à distance sont perturbées également dans les conditions naturelles, que ce soit par inhibition ou par concurrence entre les nombreux points de diffusion. Cette diminution des captures a d'ailleurs été observée dans presque tous les essais rapportés par la littérature scientifique à ce sujet.

Mais ce point positif n'est pas suivi des conséquences attendues sur la multiplication de l'insecte et nous avons montré que le nombre de femelles fécondées à l'intérieur de la culture était diminué, mais dans une proportion beaucoup plus faible. Comme nous avons démontré en laboratoire l'absence d'action à courte distance sur le comportement aux doses actuellement utilisables et la réversibilité de l'action inhibitrice, il ne reste que la possibilité d'agir sur les communications à distance. Or il est possible que le comportement des papillons puisse les amener à se rejoindre sans utiliser la communication phéromonale par des déplacements au hasard ou des concentrations dans certains points privilégiés, dans les conditions de densité de population des vignobles (trois mille à cinquante mille insectes à l'hectare).

Comme le suggère Klun et coll., il serait peut-être plus efficace d'utiliser simultanément des substances ayant chacune une action sur une phase de comportement :

l'attraction à grande distance et le comportement à proximité. Pour *L. botrana*, la phéromone a les deux actions mais à des doses très différentes.

Cependant, avant de pouvoir rejeter la possibilité d'intervention par confusion par la phéromone seule, il est nécessaire de vérifier si une diffusion plus homogène de la phéromone, dans l'espace et dans le temps, pourrait amener une amélioration notable. On pourra chercher à l'établir en augmentant le nombre de points de diffusion, en étudiant leur distribution et en recherchant des diffuseurs plus efficaces. Ce n'est qu'après s'être assuré de ce préalable que l'on pourra savoir si, en inhibant les capacités de communication à distance, il est possible, dans les conditions réelles de densité de population, d'entraver les possibilités d'accouplement, donc de multiplication et d'amener ainsi les populations au-dessous des seuils de nuisibilité.

Reçu pour publication en décembre 1979.

Summary

Experiments of pheromonal control on the grape vine moths Lobesia botrana and Eupoecilia ambiguella

In two experiments in vineyards of permeating air with E-7, Z-9 DDA, pheromone of *L. botrana*, the number of males caught in sexual traps was reduced between 84 to 99 p. 100, but the number of inseminated females and of larvae was not reduced during the first generation (april, may) and reduced of only one third during the second one (july). The most important reduction occurred in isolated vineyard. The extension of permeated aera by the winds was also elucidated.

In small parcels, we demonstrated that males of *L. botrana* in permeated aera, fly around of the pheromone dispensers, and that acetox-1-dodecene 7 (E) yne-9 had no disrupting effect. The pheromone of *E. ambiguella* (Z-9 DDA) did not disrupt *L. botrana* and conversely. Used together, the trapping of the two moths is inhibited, but without synergism.

In early spring, the possibility of mating and the longevity of *L. botrana* was studied in low temperature conditions, which reduce the evaporation of pheromone. Mating is possible when permeation of atmosphere is low.

In laboratory tests, E-7, Z-9 DDA has a mating disruption effect on *L. botrana*, but the effective concentrations are higher than the concentration realized in vineyards.

The possibility of mating disruption method in grape vine moth control was discussed, taking in consideration the high population densities, the low short range effect of the pheromone, and the behaviour of the moths.

Références bibliographiques

- AUDEMARD H., 1976. Etude démoécologique du Carpocapse *Laspeyresia pomonella* L. en verger de pommiers de la basse vallée du Rhône. Possibilités d'organisation d'une lutte intégrée. Thèse Doc. Ing., Univ. F. Rabelais, Tours, 365 p.
- AUDEMARD H., BEAUVAIS F., DESCOINS C., 1977. La lutte contre le Carpocapse *Laspeyresia pomonella* L. avec une phéromone sexuelle de synthèse par la méthode de confusion des mâles: premier essai en verger commercial de pommiers. Rev. Zool. Agr. Path. vég., **76**, 15-24.
- CARLES J. P., FLEURAT LESSARD F., ROEHRICH R., 1979. Un appareil pour les essais biologiques de comportement de Lépidoptères exposés à des doses élevées d'attraitif sexuel. Biologie du comportement **4**, 205-217.
- CHARMILLOT R. J., 1978. Résultats de deux ans de lutte par confusion contre le Carpocapse *Laspeyresia pomonella* L. I.N.R.A. Zoologie, Avignon, 84140 Montfavet, 138-143.
- CHARMILLOT R. J., ROSSET S., RHYN D., 1976. Comportement sexuel du Carpocapse *Laspeyresia pomonella* : Influence de l'attraitif synthétique. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **49**, 153-154.
- DENIS C., 1978. Recherches préliminaires sur quelques éléments importants pour la dynamique des populations de l'Eudémis de la Vigne *Lobesia botrana*. Mémoire Ing. Tech. Agr., Bordeaux, 61 p.

- DESCOINS C., LALANNE CASSOU B., SAMAIN D., 1974. Sur les attractifs sexuels synthétiques pour l'Eudémis de la Vigne *Lobesia botrana* Schiff. (Lépidoptère Tortricidae). C. R. Ac. Sc., Paris, **279** (D), 907-910.
- KAAE R. S., SHOREY H. H., GASTON L. K., HUMMEL H. H., 1974. Sex pheromone of Lepidoptera Disruption of pheromone communication in *Trichoplusia ni* and *Pectinophora gossypiella* by permeation of the air with nonpheromone chemicals. *Env. Entomol.*, **3**, 81-89.
- KLUN J. A., CHAPMAN O. L., MATTES K. C., BERUZA M., 1975. European corn borer and redbanded leaf roller : disruption of reproduction behaviour. *Env. Entomol.*, **4**, 8/1-876.
- LALANNE CASSOU B., 1978. Contribution à l'étude de la communication sexuelle par phéromone chez l'Eudémis de la Vigne *Lobesia botrana* (Lépidoptères Tortricidae Olethreutinae). Thèse de Doct. 3^e cycle. Univ. P. et M. Curie, Paris, 247 p.
- Mc LAUGHLIN J. R., DOOLITTLE R. E., GENTRY C. R., MITCHELL E. R., TUMLINSON J. H., 1976. Response to pheromone traps and disruption of pheromone communication in the lesser peach tree borer and the peach tree borer (Lepidoptera Sesiidae). *J. Chem. Ecol.*, **2**, 73-81.
- Mc LAUGHLIN J. R., SHOREY H. H., GASTON L. K., KAAE R., STEWART F. P., 1972. Sex pheromone of Lepidoptera. XXXI Disruption of sex pheromone communication in *Pectinophora gossypiella* with hexa lure. *Env. Entomol.*, **1**, 645-650.
- PLIMMER J. R., CARO J. H., FREEMAN H. D., 1978. Distribution and dissipation of aerially applied disparlure under a woodland canopy. *J. econ. Entomol.*, **71**, 155-157.
- RAUSCHER S., ARN H., 1978. Mating inhibition in tethered females of *Eupoecilia ambiguella* by evaporation of (Z)-9-dodecenyl acetate in the field. C. R. de la réunion sur les phéromones sexuelles des insectes. I.N.R.A. Zoologie, Avignon, 25-26 octobre 1977, 84140 Montfavet, 135-137.
- ROEHRICH R., 1977. Hétérogénéité dans la réponse aux phéromones de synthèse des populations de *Lobesia botrana*. *Ann. Zool. ecol. anim.*, **9**, 591-592.
- ROEHRICH R., CARLES J. P., 1977. Perturbations dans la reproduction de *Lobesia botrana* Schiff. (Lep. Tortricidae) induites par la présence de phéromone sexuelle de synthèse. C. R. Ac. Sc., Paris, **285** (D), 237-240.
- ROEHRICH R., CARLES J. P., DARRIOUMERLE Y., PARGADE P., LALANNE CASSOU B., 1976. Essais en vignoble de phéromones de synthèse pour la capture des mâles de l'Eudémis *Lobesia botrana*. *Ann. Zool. ecol. anim.*, **8**, 473-480.
- ROEHRICH R., CARLES J. P., TRESOR C., 1977. Essai préliminaire de protection du vignoble contre *Lobesia botrana* au moyen de la phéromone sexuelle de synthèse (méthode de confusion). *Rev. Zool. agr. Path. vég.*, **76**, 25-36.
- ROEHRICH R., CARLES J. P., TRESOR C., DE VATHAIRE M. A., 1978. Essais préliminaires sur la confusion de l'Eudémis de la Vigne. ACTA. Notes d'information Lutte intégrée, n° 27, 3-5.
- ROEHRICH R., CARLES J. P., DE VATHAIRE M. A., 1978. La confusion sexuelle de l'Eudémis de la vigne au moyen de phéromones de synthèse. Essais réalisés en 1977. C. R. réunion sur les phéromones sexuelles des insectes. I.N.R.A. Zoologie, Avignon, 84140 Montfavet, 25-27 octobre 1977, 128-133.
- ROTHSCHILD G. H. L., 1975. Control of oriental fruit moth *Cydia molesta* Busck (Lepidoptera Tortricidae) with synthetic female pheromone. *Bull. Ent. Res.*, **66**, 473-496.
- SCHWALBE C. P., CAMERON E. S., HALL D. J., RICHESON J. V., BEROZA M., STEVENS L. J., 1974. Field tests of microencapsulated disparlure for suppression of mating among wild and laboratory reared gypsy moth. *Env. entomol.*, **3**, 589-592.
- SHOREY H. H., KAAE R. S., GASTON L. K., 1974. Sex pheromones of Lepidoptera. Development of a method for pheromonal control of *Pectinophora gossypiella* in cotton. *J. econ. Entomol.*, **67**, 317-350.
- SOWER L. L., TURNER W. K., FISH J. C., 1977. Population density dependent mating frequency among *Plodia interpunctella* (Lepidoptera Phyticidae) in the presence of synthetic sex pheromone with behavioural observations. *J. Chem. Ecol.*, **1**, 335-342.
- STOCKEL J., ANGLADE P., 1977. Premiers résultats de lutte par confusion sexuelle contre *Ostrinia nubilalis* (Lep. Pyralidae) dans les conditions naturelles. C. R. réunion sur les phéromones sexuelles des Lépidoptères. Bordeaux 13-16 octobre 1976. I.N.R.A. Zoologie, 33140 Pont de la Maye, 170-182.
- TASCHENBERG E. F., CARDE R. J., ROELOFS W. L., 1974. Sex pheromone mass trapping and mating disruption for control of redbanded leaf roller and grapeberry moths in vineyards. *Env. Entomol.*, **3**, 239-242.
- TASCHENBERG E. F., ROELOFS W. L., 1976. Pheromone communication disruption of the grape berry moth with microencapsulated and hollow fiber systems. *Env. Entomol.*, **5**, 688-691.
- TASCHENBERG E. F., ROELOFS W. L., 1977. Mating disruption of grape berry moth *Paralobesia viteana* with pheromone released from hollow fibers. *Env. Entomol.*, **6**, 761-763.
- WAKAMURA S., KITAMURA C., TAKAMASHI S., 1975. Disruption of mating behaviour in the almond moth *Cadra cautella* Walker, with cis-9, trans 12-tetradecadien-1-ol acetate and cis-9-tetradecen-1-ol-acetate. *Jap. J. appl. Entomol. Zool.*, **19**, 227-231.

Table des matières de l'année 1979

V. ALEXANDRAKIS, P. NEUENSCHWANDER. — Influence de la poussière des chemins sur <i>Aspidiotus nerii</i> Bouché (Hom. Diaspididae) et son parasite principal, <i>Aphitis chilensis</i> How. (Hym., Aphelinidae) observés sur Olivier	171
H. AUDEMARD, P. J. CHARMILLOT, Françoise BEAUVAIS. — Trois ans d'essais de lutte contre le carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) par la méthode de confusion des mâles avec une phéromone sexuelle de synthèse	641
H. AUDEMARD. — Le piégeage du carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol dans la lutte raisonnée en verger de pommiers en France	565
H. BIANCHI, C. BENASSY. — La cochenille rouge du poirier, <i>Epidiaspis leperii</i> SIGN. (Homoptera, Coccoidea) ravageur en France du Prunier	493
P. BLAISINGER. — Evolution d'une population de la cochenille rouge du Poirier <i>Epidiaspis leperii</i> SIGN. (Homoptera, Diaspididae) dans un verger de Mirabelliers en Alsace, sa répercussion sur le rendement du verger	487
Y. BOUCHERY. — Description d'un collecteur, utilisable à l'extérieur, destiné à recueillir automatiquement les captures d'Arthropodes d'un piège à succion	113
E. BRUNEL. — Etude de l'ovogenèse de <i>Psila rosae</i> Fab. (Diptère Psilidae) : rôle de la température, de l'alimentation et de la plante hôte	227
M. CANARD, C. LIAROPOULOS, Y. LAUDÉHO. — Développement d' <i>Opius concolor</i> (Hym. : Braconidae) pendant la phase hypogée de <i>Dacus oleae</i> (Dipt. : Trypetidae)	13
R. CAUSSE, M. FERON. — Etude expérimentale au moyen d'une phéromone de synthèse du piégeage et de la dispersion de mâles marqués de <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (Lepidoptera, Tortricidae)	599
P. P. CHAMBON. — Etude de la répartition géographique de la tordeuse des céréales (<i>Cnephasia pumicana</i> ZELLER. Lépidoptère Tortricidae) en France	637
P. J. CHARMILLOT. — Efficacité du piège à carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) appâté d'attractif sexuel synthétique	587
C. DESCOINS, Martine GALLOIS. — Analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de lépidoptères.	521
I. FAGOONEE. — Application of a Juvenile Hormone Analogue on the Desert Locust <i>Schistocerca gregaria</i> Forskål, by different techniques (Application d'un Analogue de l'Hormone Juvenile sur le Criquet Pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i> Forskål effectuée par différentes techniques)	185
J. FARGUES, P. H. ROBERT, O. REISINGER. — Formulation des productions de masse de l'hypomycète entomopathogène <i>Beauveria</i> en vue des applications phytosanitaires	247
A. FERRAN, M. M. LARROQUE. — Influence des facteurs biotiques sur la physiologie alimentaire des larves de la Coccinelle <i>Semiadalia undecimnotata</i> Sehn. mises en présence du Puceron <i>Myzus persicae</i> Sulz. I. — Action du nombre de proies	41
L. FERREIRA, B. PINTUREAU, J. VOEGELE. — Un nouveau type d'olfactomètre. Application à la mesure de la capacité de recherche et à la localisation des substances attractives de l'hôte chez les Trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae)	271

F. FLEURAT LESSARD, M. LESBATS, L. LAVENSEAU, H. CANGARDEL, R. MOREAU, M. LAMY, P. ANGLADE. — Effets biologiques des micro-ondes sur deux insectes <i>Tenebrio molitor</i> L. (Col. <i>Tenebrionidae</i>) et <i>Pieris bassicae</i> L. (Lep. : <i>Pieridae</i>)	457
Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU, P. SAGLIO, Françoise BEAUVAIS. — Essais de piégeage sexuel de lépidoptères <i>Tortricidae</i> des vergers de pommiers par des attractifs de synthèse	617
W. della GIUSTINA, J. B. DENIS. — Méthode d'étude de l'efficacité des produits destinés à combattre <i>Trialeurodes vaporariorum</i> West., en serre expérimentale	259
R. GOUJET, R. GUILBOT. — Alimentation artificielle de plusieurs Lépidoptères ravageurs du feuillage de Pommier	119
G. L. JANEAU, J. P. QUERE, F. SPITZ, J. P. VINCENT. — Le radio-tracking en forêt, expériences menées sur le chevreuil (<i>Capreolus capreolus</i>)	131
Y. LAUDÉHO, M. CANARD, C. LIAROPOULOS. — Etude de la phase hypogée de la population de <i>Dacus oleae</i> Gmel. (Diptera, <i>Trypetidae</i>). I. — Chute, répartition et devenir des larves migrantes	19
My Hanh LAUNOIS-LUONG. — Etude comparée de l'activité génésique de sept acridiens du Sahel dans des conditions éco-météorologiques semblables	209
Eliane de LAVAUR, G. SIOU, G. GROLLEAU, Jeannine CARPENTIER-LE SECH. — Etude comparée de l'action du diquat et du paraquat sur la muqueuse digestive de la Souris, du Rat et du Lapin	159
R. LESEL, Ph. DUBOURGET. — Obtention de poissons ovovivipares axéniques : amélioration technique	389
R. LESEL, J. G. POINTEL. — Implantation de la flore bactérienne dans le tube digestif de la Truite Arc-en-Ciel. Etude au microscope électronique à balayage	327
J. P. LYON. — Lâchers expérimentaux de Chrysopes et d'Hyménoptères parasites sur pucerons en serres d'aubergines	51
G. MASSONIE, P. MAISON. — Résistance de deux variétés de <i>Prunus persica</i> L. Batsch à <i>Myzus persicae</i> Sulz et à <i>Myzus varians</i> Davids : étude préliminaire des mécanismes de la résistance	479
P. du MERLE. — Biologie de la larve planidium de <i>Villa brunnea</i> BECK., diptère bombyliide parasite de la processionnaire du pin. I. — Recherche et découverte de l'hôte	289
P. du MERLE. — Biologie de la larve planidium de <i>Villa brunnea</i> BECK., diptère bombyliide parasite de la processionnaire du pin. II. — Infestation de l'hôte.	305
A. NEVEU, L. LAPCHIN, J. C. VIGNES. — Le macrobenthos de la Basse Nivelle, petit fleuve côtier des Pyrénées-Atlantiques	85
N. NKOUKA. — Observations anatomiques chez la larve de <i>Thrips tabaci</i> LIN.	347
Ernst PRIESNER. — Progress in the analysis of pheromone receptor systems	533
J. M. RABASSE, Hélène PERRIN. — Introduction en France du charançon de l'Eucalyptus, <i>Gonipterus scutellatus</i> GYLL. (Col. <i>Curculionidae</i>)	337
J. M. RABASSE, F. F. SHALABY. — Incidence du parasite <i>Aphidius matricariae</i> HAL. (Hym. <i>Aphididae</i>) sur la fécondité de son hôte <i>Myzus persicae</i> SULZ. (HOM. <i>Aphididae</i>) à différentes températures	359
R. RAHN. — La teigne de poireau <i>Acrolepiopsis assectella</i> Z. : possibilité de généralisation des avertissements agricoles par piégeage sexuel à l'aide de produits de synthèse.	611
G. RAOUL de PONTIVY. — Données biologiques sur <i>Rhagium Inquisitor</i> L. (Coleoptera <i>Cerambycidae</i>)	195
H. L. RAYMOND. — Répartition des <i>Tabanidae</i> (Diptera) du Briançonnais (Hautes-Alpes) en fonction de facteurs topographiques	1
H. L. RAYMOND. — Premières observations sur les ennemis naturels des <i>Tabanidae</i> (Diptera) des Hautes-Alpes	355

J. RIOM. — Etude biologique et écologique de la cochenille du pin maritime <i>Matsucoccus Feytaudi</i> DUCASSE 1942 (<i>Coccoidea</i> , <i>Margarodidae</i> , <i>Xylococcinae</i>) dans le Sud-Est de la France IV. — Potentiel biotique et dynamique des populations	397
Y. ROBERT. — Recherches écologiques sur les pucerons <i>Aulacorthum solani</i> Kltb., <i>Macrosiphum euphorbiae</i> THOMAS et <i>Myzus persicae</i> SULZ. dans l'Ouest de la France. II. — Evolution spatio-temporelle de leurs populations sur la pomme de terre	67
Y. ROBERT. — Recherches écologiques sur les pucerons <i>Aulacorthum solani</i> KLTB., <i>Macrosiphum euphorbiae</i> THOMAS et <i>Myzus persicae</i> SULZ. dans l'Ouest de la France. II. — Importance du parasitisme par hyménoptères <i>Aphidiidae</i> et par <i>Entomophthora</i> sur pomme de Terre.	371
R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR, Marie-Anne DE VATHAIRE. — Essais de « confusion sexuelle » contre les tordeuses de la grappe l'eudemis <i>Lobesia botrana</i> Den. et Schiff. et la Cochylis <i>Eupoecilia ambiguella</i> Tr.	659
J. TOUZEAU. — L'utilisation du piégeage sexuel pour les avertissements agricoles et la prévention des risques	547
J. A. TSITSIPIS, E. P. PAPANICOLAOU. — Pupation depth in artificially reared olive fruit flies <i>Dacus oleae</i> (<i>Diptera</i> , <i>Tephritidae</i>) as affected by several physical characteristics of the substrates (Profondeur de l'enfouissement pour la pupaison de la Mouche de l'Olive <i>Dacus oleae</i> (<i>Diptera</i> , <i>Tephritidae</i>) en relation avec les caractéristiques physiques des substrats)	31
J. P. VINCENT, G. JANEAU, J. P. QUERE, F. SPITZ. — Note sur la répartition et le rythme d'activité du chevreuil (<i>Capreolus capreolus</i>) en forêt ouverte	145
Chronique des livres	125, 281

Contents of year 1979

V. ALEXANDRAKIS, P. NEUENSCHWANDER. — The influence of road dust on <i>Aspidiotus nerii</i> Bouché (Hom. Diaspididae) and its main parasite <i>Aphytis chilensis</i> How. (Hym., Aphelinidae) on olives	171
H. AUDEMARD, P. J. CHARMILLOT, Françoise BEAUVAIS. — Three years field trials to control Codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) by communication disruption with a synthetic sex attractant.....	641
H. AUDEMARD. — Trapping of the codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) with the sexual synthetic Pheromon E-8, E-10 DDol in integrated control of apple orchards in France.	565
H. BIANCHI, C. BENASSY. — <i>Epidiaspis leperii</i> SIGN. an enemy of the plum trees in France	493
P. BLAISINGER. — Development of an italian pear scale population — <i>Epidiaspis leperii</i> SIGN. (Homoptera, Diaspidioidea) — in a mirabelle orchad, its influence on yield	487
Y. BOUCHERY. — Description of a collector device for the exterior intended to collect automatically the arthropod captures of a suction trap	113
E. BRUNEL. — Oogenesis of <i>Psila rosae</i> Fab. (Diptera, Psilidae) : temperature, feeding and host plant influence.....	227
M. CANARD, C. LIAROPOULOS, Y. LAUDÉHO. — Development of <i>Opius concolor</i> (Hym. : Braconidae) during the hypogaeal phase of <i>Dacus oleae</i> (Dipt. : Trypetidae)	13
R. CAUSSE, M. FERON. — Experimental study by a synthetic pheromone of trapping and dispersal of <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (Lepidoptera, Tortricidae)	599
J. P. CHAMBON. — Geographic distribution of the cereal leafhoppers <i>Cnephasia pumilica</i> Zeller (Lep. Tortricidae) in France	637
P. J. CHARMILLOT. — Efficiency of codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) trap baited with synthetic sex attractant	587
C. DESCOINS, Martine GALLOIS. — Direct analysis by gas chromatography of volatiles components found in sex pheromone glands from lepidoptera virgin females	521
P. DU MERLE. — Biology of the planidium larva of <i>Villa brunnea</i> BECK., a Bombyliid fly parasite of the pine processionary moth. I. — Search for and finding of the host	289
P. DU MERLE. — Biology of the planidium larva of <i>Villa brunnea</i> BECK., a Bombyliid fly parasite of the pine processionary moth. II. — Host infection	305
I. FAGOONEE. — Application of a Juvenile Hormone Analogue on the desert locust <i>Schistocerca gregaria</i> Forskål by different techniques	185
J. FARGUES, P.-H. ROBERT, O. REISINGER. — Formulation aspects for large-scale productions of the entomopathogenic Hyphomycete <i>Beauveria</i> for field applications	247
A. FERRAN, M. M. LARROQUE. — Influence of biotic factors on the alimentary physiology of larvae of the <i>Coccinella Semiaidalia undecimnotata</i> Schn. brought together with the aphid <i>Myzus persicae</i> Sulz. I. — Effect of the prey number	41
L. FERREIRA, B. PINTUREAU, J. VOEGELE. — A new type of olfactometer. Application to the measurement of the ability of researching and locating the attractive substances of the host in the trichogrammatidae (Hym. Trichogrammatidae).....	271

F. FLEURAT LESSARD, M. LESBATS, L. LAVENSEAU, H. CANGARDEL, R. MOREAU, M. LAMY, P. ANGLADE. — Micro-waves biological effects on two insects <i>Tenebrio molitor</i> L. (Col. Tenebrionidae) and <i>Pieris brassicae</i> L. (Lep. Pieridae).....	457
Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU, P. SAGLIO, Françoise BEAUVAIS. — Field trapping of <i>Tortricids</i> from apple orchards with synthetic sex attractants	617
W. della GIUSTINA, J. B. DENIS. — A method to study the efficiency of pesticides against <i>Trialeurodes vaporariorum</i> West. in experimental greenhouses	259
R. GOUJET, R. GUILBOT. — Artificial diet for some Lepidoptera noxious to apples-trees	119
G. L. JANEAU, J. P. QUERE, F. SPITZ, J. P. VINCENT. — The radio-tracking in forest, experiments carried on roe-deer (<i>Capreolus capreolus</i>)	131
Y. LAUDÉHO, M. CANARD, C. LIAROPOULOS. — Study on the hypogeal population of <i>Dacus oleae</i> Gmel. (Diptera, Trypetidae). I. — Fall, repartition and future of the migrating larvae	19
My Hanh LAUNOIS-LUONG. — Comparative study of the ovarian activity of seven Sahelian Grasshoppers under the same eco-meteorological conditions	209
Eliane de LAVAUR, G. SIOU, G. GROLLEAU, Jeannine CARPENTIER-LE SECH. — Comparative study of the diquat and paraquat action on the digestive mucosa of mouse, rat and rabbit.	159
R. LESEL, Ph. DUBOURGET. — Obtention of axenic ovoviviparous fish technical improvement .	389
R. LESEL, J. G. POINTEL. — Settlement of bacterial flora in the digestive tract of rainbow trout. Scanning electron microscope study	327
J. P. LYON. — Experimental releases of Chrysopids and parasites on egg-plant aphids in greenhouses	51
G. MASSONIE, P. MAISON. — Preliminary results on the study of on the resistance of <i>Prunus persica</i> L. (BATSCH) varieties to <i>Myzus persicae</i> SULZ. and <i>Myzus varians</i> DAVIDS	479
A. NEVEU, L. LAPCHIN, J. C. VIGNES. — The benthos of the Nivelle, a little coastal river of the Pyrénées-Atlantiques	85
N. NKOUKA. — Anatomical observations on Larva <i>Thrips tabaci</i> LIND Larvae.....	347
Ernst PRIESNER. — Progress in the anlysis of pheromone receptor systems	533
J. M. RABASSE, Hélène PERRIN. — Introduction in France of the Eucalyptus snout-beetle <i>Gonipterus scutellatus</i> Gyll.	337
J. M. RABASSE, F. F. SHALABY. — Fecundity of <i>Myzus persicae</i> SULZ. (Hom. Aphididae) in relation with the effect of its primary parasite, <i>Aphidius matricariae</i> HAL. (Hym., Aphidiidae)	359
R. RAHN. — The leek moth, <i>Acrolepiopsis (Acrolepia) assectella</i> Zell. : possibility of generalization of agricultural advertissments with sex traps	611
G. RAOUL de PONTIVY. — Biological datas on <i>Rhagium inquisitor</i> L.	195
H. L. RAYMOND. — Distribution of the Tabanidae (Diptera) of the Briançon area (upper Alps) as related to the topographic factors	1
H. L. RAYMOND. — First observations of the natural enemies of the Upper-Alps Tabanidae (Diptera)	355
J. RIOM. — <i>Matsuccocus feytaudi</i> DUC IV. — Biotic potential and dynamic of stands	397
Y. ROBERT. — Ecological researches on the aphids <i>Aulacorthum solani</i> Kltb., <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas and <i>Myzus persicae</i> Sulz. in the West of France. I. — Evolution of the spatial distribution of their populations on potato plants.	67
Y. ROBERT. — Ecological researches on the aphids <i>Aulacorthum solani</i> Kltb., <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas and <i>Myzus persicae</i> Sulz. in the West of France. III. — Importance of the parasitism by aphidiids and <i>Entomophthora</i> on potato	371

CONTENTS OF YEAR 1979

683

R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR, Marie-Anne DE VATHAIRE. — Experiments of pheromonal control on the grape vine moths <i>Lobesia botrana</i> and <i>Eupoecilia ambiguella</i> ...	659
J. TOUZEAU. — Use of sexual trapping for agricultural warning stations and anticipation of the risks thus brought about.	547
John A. TSITSIPIS, E. P. PAPANICOLAOU. — Pupation depth in artificially reared olive fruit flies <i>Dacus oleae</i> (Diptera, Tephritidae), as affected by several physical characteristics of the substrates	31
J. P. VINCENT, G. JANEAU, J. P. QUERE, F. SPITZ. — Distribution and activity rhythm of the Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>) in open forest	145
Book reviews	125, 281

Contents

C. DESCOINS, Martine GALLOIS. — Direct analysis by gas chromatography of volatiles components found in sex pheromone glands from <i>Lepidoptera</i> virgin females	521
Ernst PRIESNER. — Progress in the analysis of pheromone receptor systems	533
J. TOUZEAU. — Use of sexual trapping for agricultural warning stations and anticipation of the risks thus brought about	547
H. AUDEMARD. — Trapping of the codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) with the sexual synthetic Pheromone E-8, E-10 DDol integrated control of apple orchards in France	565
P. J. CHARMILLOT. — Efficiency of codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) trap baited with synthetic sex attractant	587
R. CAUSSE, M. FERON. — Experimental study by a synthetic pheromone of trapping and dispersal of <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (<i>Lepidoptera</i> , <i>Tortricidae</i>)	599
R. RAHN. — The leek moth, <i>Acrolepiopsis</i> (<i>Acrolepia</i>) <i>assectella</i> Zell. : possibility of generalization of agricultural advertissments with sex traps	611
Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU, P. SAGLIO, Françoise BEAUVAIS. — Field trapping of <i>Tortricids</i> from apple orchards with synthetic sex attractants	617
J. P. CHAMBON. — Geographic distribution of the cereal leaf tiers <i>canephasia pumicana</i> Z. (Lep. <i>Tortricidae</i>) in France	637
H. AUDEMARD, P. J. CHARMILLOT, Françoise BEAUVAIS. — Three years field trials to control Codling moth (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) by communication disruption with a synthetic sex attractant	641
R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR, Marie-Anne DE VATHAIRE. — Experiments of pheromonal control on the grape vine moths <i>Lobesia botrana</i> and <i>Eupoecilia ambiguella</i> .	659

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format $21 \times 29,7$, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — le titre du mémoire : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — le nom des auteurs, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — le nom des techniciens ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de ... ; — le nom de l'établissement, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) résumé (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) introduction dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) techniques expérimentales et matériel utilisé, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) résultats, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) discussion et conclusions ; f) titre et résumé anglais ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) remerciements pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) références bibliographiques.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français. mais ils comportent obligatoirement un résumé français très complet. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le(s) nom(s) de(s) auteur(s) suivi(s) des initiales du (des) prénom(s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit $\times 0,5$, soit $\times 0,25$.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : $12,5 \times 19$ cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9×12 . Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos : 9×12 ; 4 photos : $9 \times 5,5$; 6 photos : $5,5 \times 5,5$. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. HURPIN, Département de Recherches de Zoologie, Centre national de Recherches agronomiques, 78280 Guyancourt, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1980	France Prix T.T.C.	Étranger Prix net	LE NUMÉRO	
			France Prix T.T.C.	Étranger Prix net
ANNALES AGRONOMIQUES, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n ^{os} par an.....	275 F	303 F	84 F	84 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET SÉLECTION ANIMALE, 4 n ^{os} par an.....	312 F	345 F	110 F	110 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n ^{os} par an.....	275 F	303 F	84 F	84 F
APIDOLOGIE, 4 n ^{os} par an.....	100 F	175 F (sauf RFA)	30 F	50 F (sauf RFA)
* ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE.....				
** ANNALES DE ZOOLOGIE, ÉCOLOGIE ANIMALE.....				

* Les Annales de Biologie animale, Biochimie Biophysique deviennent : « Reproduction, Nutrition, Développement ».

** Les Annales de Zoologie, Ecologie animale cessent avec le n° 4, volume 11, 1979.

Les articles publiés dans cette série paraîtront désormais dans les *Æcologia, Applicata* de la revue : *Acta Æcologia*. Pour ces 2 revues s'adresser à C.D.R. Gauthier-Villars, BP 119, 93104 MONTREUIL CEDEX. Tél. (1) 374.12.45.

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens. X ^{es} Journées du Grenier de Theix. 576 p., 1979	110,00 F
La Forêt et la Ville. Essai sur la forêt dans l'environnement urbain et industriel. 252 p., 1979	50,00 F
Alimentation des ruminants. Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Besoins alimentaires des animaux et valeur nutritive des aliments. 600 p., 1978	140,00 F
Introduction à la statistique en biologie par S. C. Pearce, traduction de J. P. Doazan. 260 p., 1978	25,00 F
L'I.N.R.A., l'eau et la production agricole 270 p., 1978	50,00 F
Génétique et Amélioration de la Vigne. 2 ^e Symposium international sur l'amélioration de la vigne. Bordeaux, 14-18 juin 1977. 472 p., 1978	230,00 F
Pays, Paysans, Paysages dans les Vosges du Sud par le Groupe de Recherches I.N.R.A.-E.N.S.S.A.A. 192 p., 1978	55,00 F
Flore illustrée des Phanérogames de Guadeloupe et de la Martinique, par J. Fournet. 1652 p., 1978	300,00 F
Les Rongeurs de France, faunistique et biologie, par H. Le Louarn et M. C. Saint Girons. 164 p., 1977	80,00 F
La Vache laitière. IX ^{es} Journées du Grenier de Theix. 342 p., 1977	60,00 F
Amélioration génétique des animaux de ferme. Application aux bovins (sous la Direction de B. Vissac). 160 p., 1977	35,00 F
Carte pédologique de la France à 1/1.000.000 par J. Dupuis.....	96,00 F
Cartes pédologiques de France à 1/100.000..... (Vichy, Perpignan, Angoulême, Brives, Dijon, Toulon, Moulins, Condom, Tonnerre, Privas, St-Dié, (chacune) Lesparre).	96,00 F
Le Pois. Etude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français par R. Cousin. 111 p., et 140 fiches, 1974	168,50 F
Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par P. Auge, P. Allemand, R. Hames. 144 p., 1973	63,50 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut National de la Recherche Agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.

Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.

Table des matières

C. DESCOINS, Martine GALLOIS. — Analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de lépidoptères ...	521
Ernst PRIESNER. — Progress in the analysis of pheromone receptor systems	533
J. TOUZEAU. — L'utilisation du piégeage sexuel pour les avertissements agricoles et la prévision des risques	547
H. AUDEMARD. — Le piégeage du carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol dans la lutte raisonnée en verger de pommiers en France	565
P. J. CHARMILLOT. — Efficacité du piège à carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) appâté d'attractif sexuel synthétique	587
R. CAUSSE, M. FERON. — Etude expérimentale au moyen d'une phéromone de synthèse du piégeage et de la dispersion de mâles marqués de <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (Lepidoptera, Tortricidae)	599
R. RAHN. — La teigne du poireau <i>Acrolepiopsis assectella</i> Z. : possibilité de généralisation des avertissements agricoles par piégeage sexuel à l'aide de produits de synthèse.	611
Brigitte FREROT, C. DESCOINS, B. LALANNE-CASSOU, P. SAGLIO, Françoise BEAUVAIS. — Essais de piégeage sexuel des lépidoptères Tortricidae des vergers de pommiers par des attractifs de synthèse	617
J. P. CHAMBON. — Etude de la répartition géographique de la tordeuse des céréales (<i>Cnephasia pumicana</i> Zeller, Lépidoptère Tortricidae) en France	637
H. AUDEMARD, P. J. CHARMILLOT, Françoise BEAUVAIS. — Trois ans d'essais de lutte contre le carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) par la méthode de confusion des mâles avec une phéromone sexuelle de synthèse	641
R. ROEHRICH, J. P. CARLES, Claudette TRESOR, Marie-Anne DE VATHAIRE. — Essais de « confusion sexuelle » contre les Tordeuses de la grappe l'Eudemis <i>Lobesia botrana</i> Den. et Schiff. et la Cochylis <i>Eupoecilia ambiguella</i> Tr.	659

Les Annales de zoologie, Ecologie animale figurent dans Current Contents